

Utjecaj submerznih makrofita i predacije riba na strukturu zooplanktona plitkih eutrofnih jezera

Fressl, Jelena

Doctoral thesis / Disertacija

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:269322>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-20**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)





Sveučilište u Zagrebu

PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
BIOLOŠKI ODSJEK

Jelena Fressl

**Utjecaj submerznih makrofita i predacije
riba na strukturu zooplanktona plitkih
eutrofnih jezera**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2020.



University of Zagreb

FACULTY OF SCIENCE
DEPARTMENT OF BIOLOGY

Jelena Fressl

**Impact of submersed macrophytes and
fish predation on the structure of
zooplankton in shallow eutrophic lakes**

DOCTORAL THESIS

Zagreb, 2020

Ovaj doktorski rad je izrađen u Laboratoriju za istraživanje slatkovodnih beskralježnjaka Zoologijskog zavoda Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom prof. dr. sc. Marie Špoljar, u sklopu Sveučilišnog poslijediplomskog dokorskog studija Biologije pri Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Maria Špoljar diplomirala je na studijskim programima inženjer biologije – ekologije i profesor biologije 1995., magistrirala 1998., a doktorirala 2003. godine na Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Od 1. prosinca 1995. do danas kao redovita profesorice zaposlena je u Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka PMF-a Sveučilišta u Zagrebu. Kao DAAD-ova stipendistica boravila je 6 mjeseci u Institutu za ekologiju slatkih voda u Berlinu (1999/2000).

Od 1996. do danas kontinuirano sudjeluje u izvođenju nastave na preddiplomskim i diplomskim studijskim programima, kao i doktorskom studiju na Biološkom odsjeku PMF-a. Do sada je bila mentor 20 diplomskih radova, 15 završnih seminarskih radova, 2 rada nagrađena Rektorovom nagradom, jedne disertacije. Objavila je 6 znanstvenih radova s doktorandima i 10 znanstvenih radova s diplomantima. Održala je predavanja za studente dokorskog studija na Sveučilištu Adam Mickiewicz, Poznan, Poljska (2015).

Objavila je 50 znanstveni radova, od čega 39 u časopisima s međunarodnom recenzijom, 10 u zbornicima skupova, 6 stručnih elaborata, 2 sveučilišna udžbenika i poglavlje u knjizi. U 17 znanstvenih radova s međunarodnom recenzijom bila je prvi autor. Objavljeni znanstveni radovi ukupno su citirani 295 puta u Scopus bazi uz h-indeks 10 te 547 puta u Google Scholar bazi uz h indeks 14. Recenzirala je preko 50 znanstvenih radova u eminentnim znanstvenim časopisima. Gost urednik je specijalnog izdanja Functioning of Small Water Bodies u časopisu Water MDPI. U uredničkom je odboru tri znanstvena časopisa. Bila je voditelj 8, a suradnik na 13 projekta. Sudjelovala je na 44 znanstvena skupa (39 međunarodnih i 5 domaćih skupova), bila je član organizacijskih i znanstvenih odbora skupova, održala je jedno pozvano predavanje, a 24 rada je osobno prezentirala. Na ostalim institucijama održala je 5 pozvanih predavanja.

Obnašala je razna zaduženja na Biološkom odsjeku: član Etičkog povjerenstva PMF-a (2017), član Stručnog povjerenstva za postupak izrade novog studijskog programa na Biološkom odsjeku PMF-a tijekom 2010. godine, član Stručnog povjerenstva za provedbu Razredbenog postupka za upis na diplomski studij Biologije (2008-2011), član Stručnog povjerenstva za diplomske radove Biološkog odsjeka PMF-a (2009-2011, 2013-2016), koordinator preddiplomskog i diplomskog studijskog programa Znanosti o okolišu Biološkog odsjeka PMF-a (2008-2010). Na nivou sveučilišta član je DAAD Alumni te sudjeluje u izbornim postupcima kandidata za stipendiju vlade Republike Njemačke. Član je više međunarodnih i domaćih strukovnih udruga.

ZAHVALE

Moja mentorica prof. dr. sc. Maria Špoljar poticala me je i bila strpljiva tijekom diplomskog i doktorskog studija, a u svim koracima pripreme ovog rada nesebično mi je pomagala. Hvala, draga profesorice.

Također se zahvaljujem doc. dr. sc. Tvrtku Dražini na pomoći pri terenskom i laboratorijskom radu, izv. prof. dr. sc. Tei Tomljanović i doc. dr. sc. Danielu Matuliću, s Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, na suradnji pri prikupljanju podataka o ribama te dr. sc. Matiji Cvetniću, s Fakulteta kemijskog inženjerstva i tehnologije Sveučilišta u Zagrebu, na suradnji pri kemijskoj analizi vode.

Velika hvala mojoj cijeloj obitelji na neograničenoj potpori svih oblika tijekom studija, a Zadravcima i na spretnim rukama koje su pomogle postaviti mezokozmose.

Na kraju bih se htjela zahvaliti svojim prijateljicama i prijateljima na poticajima kad su mi najviše trebali, a dragome dodatno i na strpljenju.

UTJECAJ SUBMERZNIH MAKROFITA I PREDACIJE RIBA NA STRUKTURU ZOOPLANKTONA PLITKIH EUTROFNIH JEZERA

JELENA FRESSL

Biološki odsjek Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

Eutrofikacija i klimatske promjene mijenjaju funkcioniranje plitkih jezera te zahtijevaju provođenje restauracije, posebno ekološki prihvatljivim biološkim metodama promjene hranidbene mreže jezera ili održavanja submerznih makrofita. Cilj ovoga rada bio je utvrditi utjecaj submerznih makrofita, predacijskog pritiska riba, abiotičkih čimbenika i raspoloživosti hrane na strukturu zooplanktona, uključujući prehrambene skupine, veličinsku strukturu i fekunditet. Istraživanje je provedeno u dva jezera – prozirnom sa submerznim makrofitima i mutnom bez makrofita u kojem je i postavljen *in situ* mezokozmos. Rezultatima rada se utvrdio značaj utjecaja submerznih makrofita i predacije riba na promjene uvjeta okoliša i strukturu zooplanktona u jezerima sličnog stupnja trofije. Rezultati mezokozmosa ukazuju na sposobnost submerznih makrofita da, u relativno kratkom razdoblju, doprinesu poboljšanju kvalitete vode i održanju ravnoteže ekosustava plitkih jezera. Submerzni makrofiti su pružili sklonište od vizualnih predatora većim algivornim rašljoticalcima, koji hranjenjem smanjuju abundanciju alga, čime je potvrđena opravdanost primjene ove biološke metode u restauraciji plitkih eutrofnih jezera.

(132 stranice, 44 slike, 29 tablica, 188 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Ključne riječi: alternativna stanja / kolnjaci (Rotifera), rašljoticalci (Cladocera), veslonošci (Copepoda) / mezokozmos / trofička struktura / horizontalna i vertikalna raspodjela zooplanktona

Mentor: prof. dr. sc. Maria Špoljar

Ocjenjivači: prof. dr. sc. Ivančica Ternjej
prof. dr. sc. Antun Alegro
izv. prof. dr. sc. Tea Tomljanović

**IMPACT OF SUBMERSED MACROPHYTES AND FISH PREDATION ON THE
STRUCTURE OF ZOOPLANKTON IN SHALLOW EUTROPHIC LAKES**

JELENA FRESSL

Department of Biology, Faculty of Science, University of Zagreb

Eutrophication and climate change alter functioning of shallow lake ecosystems and demand for lake restoration, particularly by environmentally acceptable biological methods such as food web biomanipulation or maintaining submerged macrophyte stands. The aim of this thesis was to determine the impact of submerged macrophytes, fish predation, abiotic parameters and food availability on zooplankton structure, including zooplankton functional feeding guilds, size structure and fecundity. The research was conducted in two oxbow lakes – transparent lake with, and turbid lake without submerged macrophytes, in which an *in situ* mesocosm was set up. Results demonstrated the importance of submerged macrophytes and fish predation impacts on dissimilarities and alteration of environmental conditions zooplankton structure in lakes of similar trophic status. Mesocosm results demonstrated the ability of submerged macrophytes to improve water quality and contribute to maintaining the balance of shallow lake ecosystem. Submerged macrophytes provided refuge from visual predators to large algivorous Cladocera that can reduce phytoplankton abundance through grazing, thus confirming applicability of this biological method in shallow eutrophic lake restoration.

(132 pages, 44 figures, 29 tables, 188 references, original in Croatian)

Keywords: alternative states / rotifers (Rotifera), cladocerans (Cladocera), copepods (Copepoda) / trophic structure / horizontal and vertical zooplankton distribution

Supervisor: prof. dr. sc. Maria Špoljar

Reviewers: prof. dr. sc. Ivančica Ternjej
prof. dr. sc. Antun Alegro
izv. prof. dr. sc. Tea Tomljanović

SADRŽAJ

1	Uvod.....	1
1.1	Hipoteza i ciljevi rada.....	2
2	Literaturni pregled	4
2.1	Obilježja ekosustava plitkih jezera	4
2.1.1	Vodeni makrofiti i njihova uloga u plitkim jezerima	7
2.1.2	Uloga zooplanktona i interakcije s abiotičkim i biotičkim čimbenicima u plitkim jezerima	10
2.2	Restauracija jezera	12
2.3	Mezokozmos istraživanja	14
3	Područje istraživanja	20
4	Materijali i metode	23
4.1	Plan istraživanja.....	23
4.1.1	Mezokozmos	25
4.1.2	Metode uzorkovanja	26
4.2	Provedene analize	27
4.2.1	Okolišni čimbenici	27
4.2.2	Zooplankton	28
4.2.3	Ihtiofauna	30
4.2.4	Obrada podataka.....	30
5	Rezultati	32
5.1	Čimbenici okoliša	32
5.1.1	Fizikalno-kemijski čimbenici i izvori hrane u jezerima	32
5.1.2	Fizikalno-kemijski čimbenici i izvori hrane u mezokozmosima.....	36
5.1.3	Interakcije čimbenika okoliša i procjena trofičkog stanja.....	39
5.2	Struktura ihtiofaune u jezerima i mezokozmosima	43
5.3	Struktura zooplanktona.....	49
5.3.1	Raznolikost zooplanktona	49
5.3.2	Brojnost zooplanktona.....	54
5.3.3	Veličinska struktura zooplanktona u jezerima i mezokozmosima	68

5.3.4	Biomasa i trofičke skupine zooplanktona	77
5.3.5	Fekunditet zooplanktona u jezerima i mezokozmosima	87
6	Rasprava.....	93
	Okolišni abiotički i biotički čimbenici	93
	Struktura zooplanktona.....	103
7	Zaljučak.....	111
8	Literatura.....	114
9	Prilozi	I
10	Životopis	XXXV

1 UVOD

Plitka jezera (relativne dubine do 3 m) su obično površinom mali ekosustavi (manji od 10 ha) koji mogu biti trajni ili povremeni, prirodni ili umjetni te izrazito brojni, a procjenjuje se da obuhvaćaju 30 % površine stajaćica na Zemlji (Céréghino i sur., 2008; Meerhoff i Jeppesen, 2009; Mullins i Doyle, 2019). Plitka jezera uvelike doprinose biogeokemijskom kruženju tvari te očuvanju bioraznolikosti vrsta i staništa (Moss i sur., 2004; Stephen i sur., 2004a).

Ovi ekosustavi značajni su za čovječanstvo u smislu pružanja niza usluga ekosustava, kao na primjer izvor su pitke vode, važni su u navodnjavanju i ostalim poljoprivrednim aktivnostima, akvakulturi, prvenstveno kao ribnjaci te su odredišta brojnih sportskih i rekreacijskih aktivnosti (Špoljar, 2013; Beklioğlu i sur., 2016; Špoljar i sur., 2018b; Mullins i Doyle, 2019). Plitka jezera poznata su kao žarišta bioraznolikosti čemu pridonose vrste autotrofnog (fitoplankton) i heterotrofnog (zooplankton) planktona, makrofiti (makroskopski fotosintetski vodeni organizmi), bentoskih beskralježnjaka, riba, vodozemaca, gmazova, ptica vodarica (Moss i sur., 2004; Jackson i sur., 2007; Thomaz i Cunha, 2010; Czerniawski i sur., 2013; Ansaloni i sur., 2016; Beklioğlu i sur., 2016; Manikowska-Ślepowrońska i sur., 2016; Špoljar i sur., 2016; Riley i sur., 2018; Mullins i Doyle, 2019). Često su staništa rijetkih ili ugroženih vrsta (Céréghino i sur., 2008; Ansaloni i sur., 2016), npr. višesjemeni žabočun *Damasonium polyspermum* Cosson, strogo zaštićena vrsta makrofita u mediteranskim lokvama, u kategoriji je osjetljivih vrsta (Boršić i Posavec Vukelić, 2012; Ministarstvo zaštite okoliša i prirode, 2013 – 2016).

Funkcioniranje i otpornost plitkih jezera mogu narušiti razni antropogeni utjecaji: eutrofikacija (povećanje koncentracija hranjivih tvari ili nutrijenata) klimatske i hidromorfološke promjene, promjene, onečišćenje alohtonim tvarima (npr. pesticidima, teškim metalima, poliaromatskim ugljikovodicima, lijekovima, mikroplastikom), zakiseljavanje, unos invazivnih vrsta (Burks i sur., 2002; Moss i sur., 2004; Stephen i sur., 2004a; Céréghino i sur., 2008; Špoljar, 2013; Beklioğlu i sur., 2016; Riley i sur., 2018). Jezera povećanog stupnja trofije (produkcije) najčešće imaju narušeno ekološko stanje, a obilježava ih povećana mutnoća, dominacija fitoplanktona, izostanak submerznih makrofita te smanjena bioraznolikost (Moss i sur., 2004, 2011).

Porastom interesa za istraživanje plitkih jezera sve veći naglasak se stavlja na njihovo očuvanje, kao i primjenu metoda restauracije (mehaničkih, kemijskih i bioloških), od čega se u ekološkim

istraživanjima najviše analizira učinak bioloških metoda: 1) uspostave makrofitskih sastojina, koje mogu ublažiti negativne utjecaje eutrofikacije na jezerske ekosustave i povećati bioraznolikost (Thomaz i Cunha, 2010; Jeppesen i sur., 2016) i 2) biomanipulacije, primarno smanjenje brojnosti zooplanktivornih riba uz povećanje brojnosti piscivornih (Moss i sur., 2004; Jeppesen i sur., 2007; Boix i sur., 2012; Jeppesen i sur., 2016).

Zooplankton zauzima središnji položaj u kruženju ugljika i hranjivih tvari u jezerima. U hranidbenoj mreži ima ključan položaj između primarnih producenata i viših konzumenata što ga čini osjetljivim na povratne mehanizme kontrole brojnosti populacija, odnosno dostupnu količinu hrane i intenzitet predacijskog pritiska (Carpenter i sur., 1985; Gliwicz, 2002; Jeppesen i sur., 2011; Špoljar i sur., 2018a). Položaj zooplanktona u hranidbenoj mreži odražava se na njegova funkcionalna obilježja te ga čine dobrim pokazateljem stupnja trofije jezera, ali i drugih promjena u ekosustavu (Jeppesen i sur., 2011; Špoljar i sur., 2011b; Gutkowska i sur., 2013; Kuczyńska-Kippen i Joniak, 2016).

1.1 Hipoteza i ciljevi rada

Dosadašnja istraživanja plitkih jezera, u umjerenom klimatskom području provedena su prvenstveno u jezerima sjeverne (Švedska, Finska, Danska, Njemačka) i zapadne Europe (Velika Britanija, Nizozemska, Francuska), a njihovi rezultati ukazuju na značajan utjecaj submerznih makrofita i predacije riba, ovisno o okolišnim i biotičkim čimbenicima, u strukturiranju zooplanktona plitkih jezera te da je njihovi utjecaj temelj često primjenjivanih bioloških metoda restauracije jezera (Moss i sur., 2004; Stephen i sur., 2004b; Jeppesen i sur., 2007; Thomaz i Cunha, 2010; Jeppesen i sur., 2016). Promjene strukture zooplanktona, odnosno njegovih funkcionalnih obilježja kao što su raznolikost vrsta, brojnost, biomasa, veličinske kategorije, trofičke skupine i fekunditet ukazuju na utjecaj i značaj pojedinih abiotičkih i biotičkih čimbenika (Špoljar i sur., 2018a; Kuczyńska-Kippen i sur., 2020). U ovom istraživanju se u prirodnim i kontroliranim uvjetima pokusa *in situ* (mezokozmos) ispitivao utjecaj submerznih makrofita i predacije riba na zooplankton u plitkim eutrofnih jezerima sjeverozapadne Hrvatske, kako bi se doprinijelo spoznajama o utjecaju ovih čimbenika na pojedina funkcionalna obilježja kolnjaka i planktonskih rakova u zooplanktonu. Time će istraživanje doprinijeti i relativno malom opsegu spoznaja o distribuciji veličinskih skupina zooplanktona i fekunditetu pojedinih skupina zooplanktona, kao i spoznajama o primjenjivosti bioloških metoda restauracije u plitkim jezerima toplijeg umjerenog pojasa.

Hipoteza rada je razrađena u tri segmenta:

1. Submerzni makrofiti su glavni čimbenik koji utječe na razlike u sastavu biocenoza dvaju morfometrijski sličnih vodenih tijela.
2. Struktura zooplanktona u staništima sa i bez makrofita određena je predacijskim pritiskom riba.
3. Submerzni makrofiti imaju veliki kapacitet da u kratkom vremenskom razdoblju promjene strukturu zooplanktona koja će doprinijeti postizanju poboljšanja kvalitete vode i stabilizaciji biocenoze.

Kako bi se ispitala postavljena hipoteza, i procijenila učinkovitost uspostave submerznih makrofita u restauraciji jezera, određeni su sljedeći ciljevi istraživanja u prirodnim uvjetima u jezerima sa i bez submerznih makrofita tijekom vegetacijskog razdoblja te u kontroliranim uvjetima u mezokozmosima:

1. Utvrditi prostorne i sezonske promjene kvalitativnog i kvantitativnog sastava zooplanktona;
2. Utvrditi utjecaj makrofita i predacijskog pritiska na strukturu zooplanktona;
3. Utvrditi utjecaj abiotičkih čimbenika i izvora hrane na prehrambene skupine, veličinsku strukturu i fekunditet zooplanktona.

2 LITERATURNI PREGLED

2.1 Obilježja ekosustava plitkih jezera

U limnologiji jezera su podijeljena prema različitim karakteristikama, kao na primjer prema postanku, dubini, režimu miješanja stupca vode ili stupnju trofije (Wetzel, 2001; Kalff, 2002). Prema dubini, razlikuju se plitka ($z \leq 3$ m dubine) i duboka ($z \geq 3$ m) jezera, kao funkcionalno različiti ekosustavi upravo zbog dubine koja utječe na udio fototrofne zone u ukupnom volumenu jezera, te na doseg meteoroloških utjecaja, temperature zraka i vjetra (Kalff, 2002; Meerhoff i Jeppesen, 2009; Beklioğlu i sur., 2016; Woolway i sur., 2017; Mullins i Doyle, 2019). Dublja jezera umjerenog područja su termički stratificirana u toplijem dijelu godine, termoklina onemogućava miješanje stupca vode te su slojevi vode različite temperature, kao i posljedično različite gustoće i kemijskog sastava (Jeppesen i sur., 1997; Woolway i sur., 2017; Mullins i Doyle, 2019). Miješanje vode je ključno za obogaćivanje pridnenog, hipolimnijskog, sloja kisikom i unos nutrijenata u gornji, epilimnijski, fototrofni stupac vode (Jeppesen i sur., 1997; North i sur., 2014; Woolway i sur., 2017). Kao posljedica izostanka učestalog miješanja u dubokim jezerima dolazi do vertikalne stratifikacije limnoloških čimbenika (Kalff, 2002; Špoljar, 2013). Nasuprot tome, u plitkim jezerima umjerenog pojasa vertikalna stratifikacija je kratkotrajna te se ona uobičajeno smatraju polimiktičkim zbog učestalog miješanja stupca vode izazvanog vjetrom ili bioturbacijom (Jeppesen i sur., 1997; Woolway i sur., 2017; Mullins i Doyle, 2019). U plitkim jezerima, za razliku od dubokih, svjetlo može doprijeti do dna što omogućava veću pokrovnost makrofita koji mogu utjecati na limnološke čimbenike u litoralu te uzrokovati horizontalnu stratifikaciju limnološke čimbenika, od pelagijala prema litoralu (Meerhoff i Jeppesen, 2009; Špoljar, 2013). Plitka i duboka jezera se razlikuju i prema migracijama zooplanktona kojima izbjegavaju vizualne predatore. U plitkim jezerima učestale su dnevne horizontalne migracije, iz pelagijala u litoral, a u dubokim su češće dnevne vertikalne migracije iz epilimnija u hipolimnij (Meerhoff i sur., 2007).

Jezera se, također, mogu podijeliti prema njihovoj produktivnosti, odnosno trofiji (Dodds, 2002). Primjena indeksa stupnja trofije (eng. *trophic state index*, *TSI*) je često primjenjivana metoda određivanja jezerske produkcije (Carlson, 1977). Trofija jezera se može mijenjati prirodnom eutrofikacijom, kroz stoljeća, kao posljedica prirodnih procesa koji uzrokuju neravnotežu produkcije i razgradnje u jezeru (Dodds, 2002; Callisto i sur., 2014). Nasuprot tome, antropogena eutrofikacija može uzrokovati promjenu trofičkog stanja jezera u puno

kraćem vremenu uslijed promjena korištenja zemljišta koje uzrokuje pojačanu eroziju, kao što je sječa šuma, poljoprivrednih aktivnosti (ispiranjem prirodnih i umjetnih gnojiva), klimatskih promjena, ispuštanja neobrađenih otpadnih voda, crpljenja vode za navodnjavanje, turističkih i rekreativnih aktivnosti te prihranjivanja riba za ribolov (Burks i sur., 2002; Dodds, 2002; Špoljar i sur., 2011b; Callisto i sur., 2014; Špoljar i sur., 2016).

Posljedice povećanog unosa hranjivih tvari u plitkim jezerima, kao i vodenim ekosustavima općenito su: 1) povećanje primarne produkcije (Carpenter i sur., 1985; Callisto i sur., 2014), praćeno porastom abundancije fitoplanktona i mutnoće vode, što može dovesti do nestanka makrofita iz jezera (Kuczyńska-Kippen i Joniak, 2016; Callisto i sur., 2014); 2) povećanje sekundarne produkcije (Carpenter i sur., 1985; Callisto i sur., 2014); 3) promjene limnoloških čimbenika (npr. smanjenje koncentracije otopljenog kisika; Callisto i sur., 2014); 4) smanjenje bioraznolikosti ekosustava (Callisto i sur., 2014); 5) češći pomori riba (Callisto i sur., 2014); 6) povećano taloženje autohtonog materijala koje ubrzava prirodan proces u jezerima odnosno prirodnu sukcesiju te u konačnici rezultira terestrijalizacijom lentičkog sustava (Špoljar i sur., 2011b; Callisto i sur., 2014; Riley i sur., 2018).

Sukladno Redfieldovom omjeru ugradnje tvari (N:P 16:1) fosfor je limitirajući nutrijent u odnosu na dušik (Moss i sur., 2013; Martiny i sur., 2014). Dodatno, zbog precipitacije i kemijske fiksacije, koncentracije fosfora u stupcu vode mogu biti i do 100 puta niže nego u sedimentu (Søndergaard i sur., 2003). U sedimentu se dio fosfora veže za organske spojeve te se ne otpušta tijekom mineralizacije, ali ortofosfati vezani uz ione željeza u sedimentu mogu disocirati u stupac vode te dovesti do unutarnjeg obogaćivanja jezera nutrijentima (Søndergaard i sur., 2003).

Prema teoriji alternativnih stabilnih stanja plitkih jezera (Scheffer i sur. 1993; Scheffer i Nes, 2007) jezera se mogu nalaziti u stanju prozirnog stupca vode s dominacijom submerznih angiosperma ili u mutnom stanju u kojem dominira fitoplankton sastavljen od zelenih i drugih skupina alga. Stanje prozirnog stupca vode je samostabilizirajuće zbog utjecaja niza mehanizama (detalje vidjeti u poglavlju 2.1.1) kojima submerzni makrofiti utječu na jezerski ekosustav (Scheffer i sur., 2001; Zhang i sur., 2018). Kritične koncentracije alohtonog unosa nutrijenata pri kojima dolazi do prelaska jezera iz prozirnog u mutno stanje ovise o dubini i veličini jezera te klimatskim uvjetima, a za plitka jezera umjerenog pojasa iznose više od 0,13 – 0,2 mg L⁻¹ ukupnog fosfora i više od 2 mg L⁻¹ ukupnog dušika (Scheffer i sur., 1993; Gonzalez Sagrario i sur., 2005; Mooij i sur., 2007; Scheffer i Nes, 2007; Hilt, 2015; Zhang i

sur., 2018). Prijelaz jezera iz prozirnog u mutno stanja može biti brz, a promjenu mogu uzrokovati i katastrofalni događaji, npr. oluje koje unište sastojine vodenih makrofita, značajne promjene razine vode, smanjenje brojnosti ili pomor piscivornih riba (Scheffer i Nes, 2007, Hilt, 2015).

Mutno stanje u jezerima je nepoželjno jer dovodi do smanjenja pokrovnosti submerznih makrofita i gubitka bioraznolikosti (Scheffer i sur., 2001; Špoljar, 2013; Špoljar i sur., 2018a, 2018b). Povratak iz mutnog u prozirno stanje zahtijeva znatno više energije, dugotrajan je proces, koji se može ostvariti i ubrzati primjenom metoda restauracije jezera (biološke, fizikalno-kemijske metode). Za povratak u prozirno stanje nije dovoljno smanjenje koncentracije nutrijenata na prijašnju razinu, već je potrebna znatno niža koncentracija nutrijenata (Scheffer i sur., 1993; Scheffer i sur., 2001; Zhang i sur., 2018).

Istraživanja su pokazala da klimatske promjene mogu utjecati na trofiju jezera te pojačati učinke eutrofikacije i salinizacije kroz nekoliko mehanizama (Mooij i sur., 2007, Jeppesen i sur., 2009, Moss i sur., 2011, Jeppesen i sur., 2015, Beklioglu i sur., 2016). Prema rezultatima modelnih istraživanja koja su proveli Mooij i sur. (2007) i Jeppesen i sur. (2009) očekivani porast temperature doveo bi do sniženja kritičnih koncentracija alohtonog unosa nutrijenata pri kojima dolazi do prelaska jezera iz prozirnog u mutno stanje, pojačanog taloženja fosfora, ali i otpuštanja iz sedimenta, što bi pogodovalo razvoju fitoplanktona, odnosno mutnom stanju jezera. Kao posljedica očekivanog povećanja abundancije cijanobakterija, koje nisu pogodna hrana zooplanktonima, protok ugljika, nutrijenata i energije hranidbenom mrežom bi se smanjio te bi se potencijalno izmijenila struktura zajednice viših trofičkih razina. U tim uvjetima očekuje se da zooplanktivorne i omnivorne vrste riba dominiraju jezerom, povećaju predacijski pritisak na zooplankton te dodatno smanje njegov učinak u kontroli cvjetanja fitoplanktona. Porast temperature u sinergiji s povećanjem koncentracija nutrijenata mogu dovesti do češćih hipoksičnih uvjeta i u konačnici češćih pomora riba, posebno piscivora koji su osjetljiviji na hipoksične uvjete (Moss i sur., 2011). Promjene u režimu oborina bi dovele do pojačanog opterećenja jezera nutrijentima kao posljedicu povećanog ispiranja tla tijekom ekstremnih oborina. To bi uzrokovalo značajnije akumuliranje fosfora u sedimentu, iako bi se nakon oborina privremeno koncentracije nutrijenata u stupcu vode smanjile zbog razrjeđenja (Jeppesen i sur., 2009). S druge strane, tijekom sušnih razdoblja očekuje se smanjenje alohtonog unosa nutrijenata, ali zbog povećane evotranspiracije i snižavanja razine vode u jezerima koncentracije fosfora bi ponovno rasle (Jeppesen i sur., 2009). Ekstremne meteorološke

nepogode, povezane s klimatskim promjenama, kao što su uragani ili dulja razdoblja plavljenja i visokih voda doveli bi do veće mutnoće jezera te nestanka emerznih i submerznih makrofita (Zhang i sur., 2017).

2.1.1 Vodeni makrofiti i njihova uloga u plitkim jezerima

Vodeni makrofiti su fotosintetski organizmi vidljivi golim okom, koji su trajno ili povremeno uronjeni u vodu, plutaju na površini ili su njihove stabljike iznad površine vode (Chambers i sur., 2008, Murphy i sur., 2019). Prave vodene makrofite obilježavaju fiziološki procesi koji zahtijevaju da su biljke potopljene barem u jednom dijelu životnog ciklusa (Lacoul i Freedman, 2006; Chambers i sur., 2008, Murphy i sur., 2019).

Tablica 1. Skupine makrofita u vodama na kopnu s karakterističnim rodovima (prema Chambers i sur., 2008; taksonomija izmijenjena prema Roskov i sur. 2019).

Carstvo	Odjel	Hrvatski naziv	Karakteristični rodovi
Bacteria	Cyanobacteria	Modrozelenice	<i>Lyngbya</i> , <i>Oscillatoria</i>
Chromista	Ochromophyta (razred Xanthophyceae)		<i>Vaucheria</i>
Plantae	Charophyta	Parožine	<i>Chara</i> , <i>Nitella</i>
	Chlorophyta	Zelene alge	<i>Cladophora</i> , <i>Ulva</i>
	Rhodophyta	Crvene alge	<i>Batrachospermum</i> , <i>Lemanea</i>
	Marchantiophyta	Jetrenjarke	<i>Riella</i> , <i>Ricciocarpos</i>
	Bryophyta	Mahovine	<i>Fontinalis</i>
	Tracheophyta, razred Lycopodiopsida	Crvotočine	<i>Isoetes</i>
	Tracheophyta, razred Polypodiopsida	Papratnice	<i>Azolla</i> , <i>Salvinia</i>
	Tracheophyta, razred Liliopsida	Jednosupnice	<i>Alisma</i> , <i>Butomus</i> , <i>Carex</i> , <i>Elodea</i> , <i>Eichhornia</i> , <i>Juncus</i> , <i>Lemna</i> , <i>Sagittaria</i> , <i>Scirpus</i> , <i>Sparganium</i> , <i>Typha</i> , <i>Vallisneria</i>
	Tracheophyta, razred Magnoliopsida	Dvosupnice	<i>Brasenia</i> , <i>Cabomba</i> , <i>Callitriche</i> , <i>Ceratophyllum</i> , <i>Myriophyllum</i> , <i>Nelumbo</i> , <i>Nymphaea</i> , <i>Nuphar</i> , <i>Potamogeton</i> , <i>Ranunculus</i> , <i>Sporobolus</i> , <i>Utricularia</i>

Vodeni makrofiti se mogu grupirati u 4 osnovne funkcionalne skupine (Lacoul i Freedman, 2006):

- 1) flotantne neukorijenjene vrste (plutaju na površini vode, a korijenje nije u dodiru sa sedimentom), npr. mala vodena leća (*Lemna minor* L.);
- 2) flotantne ukorijenjene vrste (plutajućih listova) npr. lopoč (*Nymphaea alba* L.);
- 3) emerzne vrste ukorijenjene u jezerskom sedimentu s listovima i dijelom stabljike iznad površine vode, npr. vrste rogoza (*Typha* spp.) ;
- 4) submerzne vrste u potpunosti uronjene u vodu, mogu biti ukorijenjene i neukorijenjene u sedimentu, npr. kruta voščika (*Ceratophyllum demersum* L.).

Vodeni makrofiti su značajan dio jezerskih ekosustava, poznati kao staništa velike bioraznolikosti, heterogenosti i produkcije (Chambers i sur., 2008). Brojni čimbenici utječu na bioraznolikost i razvoj sastojina makrofita, kao što su površina i dubina vodnog tijela, nagib obale, geografska širina, nadmorska visina, hidrološki režim, prodor svjetlosti kroz stupac vode, raspoloživosti nutrijenata u stupcu vode i intersticijskoj vodi sedimenta, pH vode (Mooij i sur., 2007; Špoljar i sur., 2011a; Murphy i sur., 2019). Uloga submerznih makrofita u funkcioniranju ekosustava plitkih jezera umjerenog pojasa je višestruka i očituje se u nizu aspekata:

- 1) utječu na fizikalna i kemijska obilježja vode npr. povećavaju prozirnost vode, mijenjaju koncentraciju otopljenog kisika, pH i temperaturu vode (Kuczyńska-Kippen i Klimaszyk, 2007; Declerck i sur., 2011; Špoljar i sur., 2016, 2017a, 2017b; Zhang i sur., 2017);
- 2) sudjeluju u kruženju hranjivih tvari te kroz kompeticiju za nutrijente kontroliraju produktivnost fitoplanktona (Mooij i sur., 2007; Chambers i sur., 2008; Thomaz i Cunha, 2010; Špoljar i sur., 2017b; Zhang i sur., 2017; Špoljar i sur., 2018a);
- 3) stabiliziraju sediment i smanjuju njegovu resuspenziju (Mooij i sur., 2007; Chambers i sur., 2008; Špoljar i sur., 2011b, 2016; Zhang i sur., 2017; Špoljar i sur., 2018a);
- 4) povećavaju strukturalnu heterogenost staništa (Kuczyńska-Kippen i Nagengast, 2006; Chambers i sur., 2008; Thomaz i Cunha, 2010; Kuczyńska-Kippen i Joniak, 2016; Špoljar i sur., 2017a);
- 5) utječu na bioraznolikost i biotičke interakcije ekosustava (Kuczyńska-Kippen i Klimaszyk, 2007; Chambers i sur., 2008; Thomaz i Cunha, 2010; Declerck i sur., 2011; Špoljar i sur., 2012a, 2017b);

- 6) izvor su hrane herbivorima, a nakon ugibanja detritivorima (Chambers i sur., 2008; Thomaz i Cunha, 2010; Zhang i sur., 2017; Špoljar i sur., 2018a; Kuczyńska-Kippen i sur., 2020);
- 7) izlučuju alelopatske tvari i neizravnim (kompeticija za nutrijente) mehanizmima kontroliraju produktivnost fitoplanktona (van Donk i van de Bund, 2002; Declerck i sur., 2011; Hilt, 2015);
- 8) zooplankton unutar sastojina makrofita može naći raznolike i količinski bogate izvore hrane, npr. epifiton, suspendiranu organsku tvar (Špoljar i sur., 2011b; Declerck i sur., 2011; Špoljar i sur., 2017a, 2017b; Zhang i sur., 2017);
- 9) važna su staništa za razmnožavanje riba (Dodds, 2002);
- 10) pružaju zaštitu i sklonište zooplanktonu od vizualnih predatora (riba), ali i planktivornom mlađu riba (Meerhoff i sur., 2007; Chambers i sur., 2008; Declerck i sur., 2011; Špoljar i sur., 2012a, 2017a), te su istovremeno stanište taktilnih predatora, bentoskih makrobeskralježnjaka (Meerhoff i sur., 2007; Špoljar i sur., 2018a).

Habitus makrofita, veličina i gustoća sastojina, kao i trofija jezera određuju značaj submerznih makrofita u funkcioniranju jezera, uključujući njihovu učinkovitost kao skloništa zooplanktona (Meerhoff i sur., 2007; Špoljar i sur., 2011a, 2012, 2017a, 2018a).

Posljednjih četrdesetak godina zabilježen je globalni trend smanjenja pokrovnosti makrofita koji postaje sve izraženiji (Zhang i sur., 2017; Murphy i sur., 2019). Gubitak vodenih makrofita uzrokovan je izravnim, neizravnim i sinergičnim antropogenim utjecajima kao što su: unos povećanih koncentracija hranjivih tvari, zagađenje toksičnim kemikalijama (npr. metalima, ugljikovodicima, herbicidima), isušivanje tla, hidromorfološke promjene jezera, akvakultura, izlov ribe, rekreacija plovilima s propelerima (Lacoul i Freedman, 2006; Zhang i sur., 2017; Murphy i sur., 2019).

Zhang i sur. (2017) predviđaju da gubitak makrofita može imati niz posljedica za jezerske ekosustave i okoliš u cijelosti: 1) promjene kvalitete vode povezane s promjenama alternativnih stanja jezera iz prozirnog u mutno; 2) promjene ciklusa kruženja ugljika, koje uključuju i smanjenje iskorištavanja ugljičnog dioksida iz atmosfere čime pojačavaju učinak efekta staklenika; 3) povećanje osjetljivosti jezera na invazivne vrste makrofita; 4) smanjenje bioraznolikosti i abundancije faune, što može dodatno povećati pritisak na ugrožene vrste.

2.1.2 Uloga zooplanktona i interakcije s abiotičkim i biotičkim čimbenicima u plitkim jezerima

Glavne biocenološke sastavnice zooplanktona su kolnjaci (Rotifera), rašljoticalci (Cladocera) i veslonošci (Copepoda), kojima se mogu pridodati i praživotinje (Protozoa) kao jednostanični heterotrofni organizmi (Wetzel, 2001).

Središnji položaj zooplanktona u hranidbenoj mreži te kruženju energije, ugljika i hranjivih tvari čini ga osjetljivim na povratne mehanizme kontrole brojnosti: 1) količina dostupne hrane uzrokuje tzv. *bottom-up* efekt i 2) predacijski pritisak koji stvara tzv. *top-down* efekt (Carpenter i sur., 1985; Gliwicz, 2002; Jeppesen i sur., 2011; Špoljar i sur., 2018a). Navedeno ga čini izvrsnim pokazateljem antropogenih utjecaja kao što je eutrofikacija ili općenito narušena kvaliteta vode (Jeppesen i sur., 2011b).

Fizikalno-kemijski čimbenici i biotičke interakcije u jezeru utječu na brojnost i raznolikost zooplanktona te njegovu prostornu i vremensku raspodjelu (Lévésque i sur., 2010; Špoljar i sur., 2016, 2017a, 2018a; Sgarzi i sur., 2019). U malim plitkim jezerima gradijenti abiotičkih čimbenika i njihov utjecaj na zooplankton su često manje izraženi, pa su biotičke interakcije, posebno one vezene uz uzimanje hrane, kompeticija i predacija, značajnije u strukturiranju i određivanju prostornog rasporeda zooplanktona (Lévésque i sur., 2010).

Različite skupine i vrste zooplanktona imaju različite usne aparate (žvačnjak kod kolnjaka, donje i gornje čeljusti kod planktonskih rakova) koji određuju vrstu i veličinu čestica hrane te način prehrane (Karabin, 1985). Temeljem tih karakteristika Karabin (1985) je definirao osnovne prehrambene skupine (eng. *functional feeding guilds*, FFG) za kolnjake i planktonske rakove. Modificirana kategorizacija, koja je primijenjena u različitim (Špoljar i sur., 2007, 2017a; Galir Balkić, 2019) i ovom istraživanju, sadrži sljedeće skupine: 1) mikrofiltratori, hrane se česticama primarno detritusa i bakterijama, odnosno suspendirane organske tvari (POM), u koje se ubrajaju kolnjaci, npr. vrste *Anuraeopsis fissa* (Gosse, 1851), *Pompholyx sulcata* Hudson, 1885, *Filinia longiseta* (Ehrenberg, 1834) i *Keratella cochlearis* (Gosse, 1851), rašljoticalci, npr. vrste *Chydorus sphaericus* (O. F. Müller, 1776) i *Bosmina longirostris* (O. F. Müller, 1776) i veslonošci, npr. ciklopodni naupliji; 2) makrofiltratori, hrane se različitim frakcijama fitoplanktona, u koje se ubrajaju kolnjaci, npr. vrste rodova *Polyarthra*, *Trichocerca*; *Ascomorpha* i *Gastropus*, rašljoticalci npr. vrste rodova *Daphnia* i *Simocephalus*, vrsta *Ceriodaphnia quadrangula* (O. F. Müller, 1785) te veslonošci npr. kopepoditi te

kalanoidni veslonošci *Eudiaptomus graciloides* (Lilljeborg, 1888) ili *Eudiaptomus gracilis* (Sars G. O., 1863); 3) predatori kolnjaci npr. vrste *Asplanchna priodonta* Gosse, 1850 i *A. girodi* de Guerne, 1888, rašljoticalci npr. vrste *Leptodora kindti* (Focke, 1844) i *Bythotrephes longimanus* Leydig, 1860 i ciklopodni veslonošci (npr. vrste roda *Macrocyclus*).

Učinkovitost zooplanktonskih filtratora u uzimanju čestica hrane je povezana s veličinom tijela (Hietala i sur., 2004; Jeppesen i sur., 2012; Fonseca da Silva i sur., 2019), pa su veći algivorni rašljoticalci značajni za održavanje jezera u stanju prozirnog stupca vode (Špoljar i sur., 2018a), iako u određenim okolišnim uvjetima i kod velike brojnosti, manje vrste također mogu biti značajne u kontroli abundancije fitoplanktona (Miracle i sur., 2007; Galir Balkić i sur., 2018).

U kompeticiju za hranu dolaze vrste i skupine zooplanktona koje koriste iste izvore hrane, npr. kolnjaci i rašljoticalci npr. populacije vrste kolnjaka *Keratella cohlearis* mogu nestati za manje od 8 dana u prisutnosti vrsta rašljoticalaca *Daphnia pulex* i *D. magna* (MacIsaac i Gilbert, 1989; Špoljar i sur., 2018a). Iako su rašljoticalci efikasniji u filtriranju, kolnjaci postižu veću brojnost populacija jer imaju manje energetske zahtjeve i veću brzinu reprodukcije (Špoljar i sur., 2011a). Uvjeti u ekosustavu mogu utjecati na uspjeh kompeticije, npr. u eutrofnim uvjetima s dominacijom nitastih i kolonijalnih cijanobakterija manje vrste rašljoticalaca (*Bosmina longirostris*) su uspješnije u kompeticiji od velikih (*Daphnia magna* Straus, 1820) jer su mogu promijeniti način hranjenja (Lampert, 1987; Onandia i sur., 2015). Cijanobakterije imaju manju nutritivnu vrijednost te njihovi filamenti fizički onemogućuju hranjenje rašljoticalaca neselektivnim filtriranjem jer im se zapliću o listaste nožice, a pri uklanjanju nejestivih filamenata gube i jestive čestice (mehanička interferencija). Manja vrsta rašljoticalaca *Bosmina longirostris* nije izraženo osjetljiva na mehaničku interferenciju jer može promijeniti način hranjenja u selektivan odabir čestica (Lampert, 1987; Onandia i sur., 2015).

Predatori zooplanktonata su planktivorne ribe (vizualni predatori, primarno u pelagijalu), makrobeskralježnjaci (taktilni predatori, u sastojinama makrofita) i predatorske vrste zooplanktona (Špoljar i sur., 2011a; Špoljar i sur., 2018a). Odrasle planktivorne ribe, npr. babuška (*Carassius gibelio* (Bloch, 1782)), bodorka (*Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758)) i klen (*Squalius cephalus* (Linnaeus, 1758)) se hrane većim zooplanktonima, posebno rašljoticalcima, juvenilne planktivorne ribe i riblja mlađ se hrane primarno kolnjacima, koji zbog svoje veličine nisu izloženi predacijskom pritisku odraslih jedinki (Špoljar i sur., 2011a, 2018a). Makrobeskralježnjacima su plijen manji zooplanktoni (kolnjaci, kopepodni naupliji i rašljoticalci manje veličine tijela; Špoljar i sur., 2011a, 2018a). Odrasli ciklopodni rakovi i

razvijeniji kopepoditni stadiji se hrane kolnjacima, kao i pojedene predatorske vrste kolnjaka npr. jedinkama vrste *Asplanchna priodonta* su plijen jedinke rodova *Brachionus*, *Keratella*, *Polyarthra* i *Synchaeta* (Radwan i sur., 2007; Špoljar i sur., 2011a). Intenzivna predacija planktivornih riba može strukturirati zooplanktonsku zajednicu tako da smanji brojnost efikasnijih algivornih rašljoticalaca većeg tijela, što može rezultirati porastom brojnosti fitoplanktona, odnosno porastom mutnoće jezera koja povratno smanjuje učinkovitost vizualnih predatora, tj. planktivornih riba (Jeppesen i sur., 1999, 2011a; Florian i sur., 2016; Špoljar i sur., 2018a; Ersoy i sur., 2019). Uslijed eutrofikacije povećava se predacijski pritisak na zooplankton, jer s povećanjem koncentracije nutrijenata raste abundancija i biomasa riba te se mijenja sastav ihtiofaune (smanjuje se udio piscivornih jedinki koje kontroliraju brojnost planktivornih jedinki) što pridonosi dominaciji planktivornih riba (Jeppesen i sur., 2010).

Kao odgovor na predacijski pritisak, zooplankton je razvio različite prilagodbe ponašanja, kao što su reakcije bijega kojima kopepodni rakovi izbjegavaju odrasle planktivorne ribe ili migracije jedinki (Pasternak i sur., 2006; Špoljar i sur., 2011a, 2018a). U plitkim jezerima umjerenog klimatskog pojasa učestale su dnevne horizontalne migracije iz pelagijala u pojas submerznih makrofita u litoralu tijekom dana, a noću u suprotnom smjeru (Burks i sur., 2002; Meerhoff i sur., 2007; Špoljar i sur., 2012a). U ovim migracijama najviše sudjeluju veći rašljoticalci, koji su brojniji i imaju veću biomasu unutar sastojina submerznih makrofita, koje koriste kao skrovišta od vizualnih predatora, u odnosu na pelagijal (Meerhoff i sur., 2007; Špoljar i sur., 2011a; Kuczyńska-Kippen, 2020).

2.2 Restauracija jezera

Od sedamdesetih godina XX. stoljeća u zapadnoj Europi i Americi, a zatim i u Kini, primjenjuju se različite mehaničke, kemijske i biološke metode restauracije jezera s ciljem ublažavanja učinaka eutrofikacije i očuvanja biološke raznolikosti (Jeppesen i sur., 2007; Jeppesen i sur., 2012).

U restauraciji eutrofnih jezera ključno je smanjiti alohtoni unos nutrijenata, posebno limitirajućeg fosfora, čime se postiže određena kontrola fitoplanktonske biomase. Npr. na jezeru Balaton u Mađarskoj sveobuhvatni pristup smanjenju alohtonog unosa nutrijenata i restauraciji uključivao je preusmjeravanje otpadnih voda naselja na obali, kemijsko obaranje fosfata u uređajima za pročišćavanje otpadnih voda (kojima je jezero i dalje bilo recipijent) te

izgradnju predrezervoara na rijeci Zali čime je smanjena abundancija fitoplanktona sukladno smanjenju raspoloživog fosfora (Istvánovics i sur., 2007).

U nekim jezerima, zbog opterećenja nutrijentima otpuštanjem fosfora iz sedimenta, smanjenje alohtonog unosa nutrijenata nije dovoljno za postizanje prozirnosti vode te se dodatno primjenjuju mehaničke metode manipulacije sedimentom (Phillips i sur., 2005; van Wichelen i sur., 2007; Jeppesen i sur., 2007; Chen i sur., 2009; Jeppesen i sur., 2012). Najčešće primjenjivana metoda je mehaničko uklanjanje sedimenta obogaćenog hranjivim tvarima (Scheffer, 1998), ali mogu se primijeniti i druge metode kao što je isušivanje jezera, čime se sediment zbija i smanjuje se otpuštanje fosfora iz sedimenta nakon ponovnog punjenja jezera (James i sur., 2001; Van Wichelen i sur., 2007). Ukoliko u jezerima nastaju anoksični uvjeti, često se primjenjuju metode aeracije stupca vode i sedimenta (Hilt i sur., 2006; Rosińska i sur., 2019). Kemijske metode restauracije jezera uključuju primjenu spojeva kao što su željezov (III) sulfat ili magnezijev klorid za uklanjanje fosfora iz stupca vode i postizanje prozirnosti vode (Rosińska i sur., 2019).

Biološke metode koje se primjenjuju u restauraciji jezera temelje se na prirodnom funkcioniranju vodenih ekosustava, a uključuju promjene hranidbene mreže ili biomanipulaciju te uspostavu sastojina makrofita (Moss i sur., 2004; Jeppesen i sur., 2012).

U biomanipulaciji se primjenjuju različiti pristupi: 1) uklanjaju se zooplanktivorne vrste riba kako bi povećala abundancija velikog zooplanktona, 2) uklanjaju se omnivorne ribe koje se hrane bentosom kako bi se smanjila bioturbacija i otpuštanje nutrijenata iz sedimenta, 3) poribljavanje jezera piscivornim jedinkama, s ciljem smanjenja abundancije planktivornih vrsta, 4) poribljavanje jezera pelagičkim algivornim ribama koje smanjuju abundanciju fitoplanktona uključujući cijanobakterija, 5) unose se školjkaši koji filtracijom smanjuju abundanciju fitoplanktona (Jeppesen i sur., 2012).

Uspostava sastojina submerznih makrofita se primjenjuje s ciljem postizanja i zadržavanja stanja prozirnog stupca vode, čija optimalna učinkovitost se postiže kod pokrovnosti do 50 % (Zhang i sur., 2017). Za uspješnu reintrodukciju makrofita potrebno je smanjiti alohtoni unos nutrijenata, regulirati razinu vode, ukloniti velike bentivorne ribe, kontrolirati resuspenziju sedimenta te zaštititi sastojine od utjecaja herbivornih riba i ptica (Jeppesen i sur., 2012; Zhang i sur., 2017). Do uspostave sastojina submerznih makrofita, u prijelaznom razdoblju, moguće

je postavljanje umjetnog bilja koje se pokazalo učinkovitim rješenjem u uvjetima smanjenog alohtonog unosa nutrijenata i smanjenje mutnoće stupca vode (Schou i sur., 2009).

Na jezeru Wuli (istočna Kina) je kroz nekoliko godina (2004. – 2007. godina) provedena restauracija eutrofnog jezera (pokus površine 10 ha). Uz obalu je sediment prekriven šljunkom i pijeskom, zasađeni su emerzni, submerzni i ukorijenjeni te neukorijenjeni flotantni makrofiti, uklonjene su ribe i jezero je poribljeno piscivornim ribama te su naseljeni bentoski makrobeskralježnjaci (Chen i sur., 2009). Na kraju svake vegetacijske sezone uklonjeni su makrofiti (svi osim submerznih) kao i velike količine srebrnog šarana, puževa i školjkaša s ciljem smanjenja koncentracija nutrijenata. Rezultati pokusa u odnosu na kontrolu su pokazali da se primjenom različitih metoda restauracije kvaliteta vode može poboljšati: povećala se prozirnost vode, smanjile su se koncentracije ukupnog dušika i fosfora te je smanjena koncentracija klorofila *a*.

Gulati i sur. (2008) su utvrdili da je dugotrajan uspjeh restauracije jezera vrlo ograničen. Kao glavne probleme navode: nedovoljno smanjenje unosa alohtonog fosfora i povećanje otpuštanja fosfora iz sedimenta, otežano hranjenje zooplanktona nitastim i kolonijalnim cijanobakterijama, nedovoljna pokrivenost jezera makrofitima (zbog prehrane ptica i riba), neučinkovito smanjenje biomase i održavanje male brojnosti planktivornih riba kroz duže razdoblje što je povezano sa sporim razvojem piscivorne štuke (*Esox lucius*).

2.3 Mezokozmos istraživanja

Jedna od metoda proučavanja funkcioniranja vodenih ekosustava, kao i vjerojatnosti uspjeha restauracijskih ili biomanipulacijskih zahvata, je postavljanje *in situ* mezokozmos pokusa. *In situ* mezokozmos pokusi su manjeg opsega u pretežno kontroliranim uvjetima u odnosu na istraživanja prirodnih ekosustava te opsežniji i sličniji prirodnim uvjetima u odnosu na laboratorijske pokuse (Odum, 1984). Osim postavljanja *in situ* mezokozmosa, u istraživanjima se često primjenjuje i postavljanje *ex situ* pokusa, odnosno umjetne simulacija jezerskih ekosustava na otvorenom i u zatvorenom prostoru (npr. Vanderstukken i sur., 2010; Verbitsky i Verbitskaya, 2011; Vanderstukken i sur., 2011; Özen i sur., 2013; Šorf i sur., 2015).

Tablica u nastavku prikazuje primjere *in situ* mezokozmos pokusa provedenih u umjerenoj klimi (Tablica 2).

Tablica 2. Primjeri mezokozmos pokusa.

Autori, godina publikacije	Lokacija / godina istraživanja / dizajn pokusa	Cilj istraživanja / izdvojeni rezultati
Schriver i sur., 1995	Danska, eutrofno jezero Stigsholm / 1991. /	Ispitivanje uloge submerznih makrofita na interakcije ihtiofauna – zooplankton (rašljoticalci i veslonošci) – fitoplankton. /
		Izdvojeni rezultati:
		- povećanje brojnosti ihtiofaune promijenilo je strukturu zooplanktona, a o pokrovnosti makrofita je ovisilo pri kom predacijskom pritisku se dogodila promjena; - bez predacijskog pritiska su dominirali rašljoticalci većeg tijela, s povećanjem predacijskog pritiska su postali dominantni rašljoticalci manjeg tijela, a pri najvećem pritisku dominirali su ciklopodni veslonošci; - rašljoticalci (<i>Daphnia</i> spp. i <i>Bosmina</i> spp.) su kontrolirali brojnost pelagičkog fitoplanktona u pojasu makrofita kad je pokrovnost biljaka prelazila 15 – 20 % bazena, a abundancija riba bila oko 2 jed. m⁻². - potencijal rašljoticalaca za hranjenje fitoplanktonom je smanjen kad je pokrovnost makrofita bila manja od 15 – 20 % i pri niskoj abundanciji riba, ali i pri pokrovnosti makrofita većoj od 15 – 20 % i većoj abundanciji riba (oko 4 jed. m⁻²).
		Dizajn pokusa:
		- trajanje 5 mj.; - postavljeno je 3 grupe po 6 polietilenskih bazena (pov. 100 m²) otvorenih prema sedimentu; - u 2 bazena iz svake grupe su uklonjene biljke (prekrivanje sedimenta geotekstilom koji je priječio prolazak svjetlosti, ali nije onemogućio interakciju voda – sediment); - nasumično je 1 bazen u grupi ostavljen nepokriven mrežom koji je štutio biljke od utjecaja ptica; - tjedno je dodavan otopljeni KNO₃-N – simulacija unosa nutrijenata izmjerene prethodne godine (fosfor nije korišten zbog izraženog otpuštanja iz sedimenta); - prevladavajuće vrste biljaka: češljasti mrijesnjak (<i>Potamogeton pectinatus</i>), maleni mrijesnjak (<i>P. pusillus</i>) i jesenska žabovlatka (<i>Callitriche hermaphroditica</i>); - ribe su uklonjene iz bazena, a dodane su jedinke riblje mlađi u 3 različite abundancije – 0, 30 i 530 jedinki koljuška (<i>Gasterosteus aculeatus</i>) i bodorka (<i>Rutilus rutilus</i>) (dominantne planktivorne ribe te godine u jezeru).

Tablica 2. – nastavak. Primjeri mezokozmos pokusa.

Autori, godina publikacije	Lokacija / godina istraživanja / dizajn pokusa	Cilj istraživanja / izdvojeni rezultati
Beklioglu i Moss, 1996	Velika Britanija, hipereutrofno jezero Little Mere / 1992. i 1993. /	Istraživanje utjecaja smanjenja vanjskog unosa nutrijenata i otpuštanja fosfora iz sedimenta te predacije riba na strukturu planktona. /
Dizajn pokusa: - trajanje mjesec dana (srpanj – kolovoz) - postavljeni su cilindri otvoreni prema zraku i sedimentu te cilindri otvoreni prema zraku, a zatvoreni prema sedimentu (simulirali izostanak utjecaja sedimenta deoksigenacije i unutarnjeg obogaćivanja nutrijentima), promjera 1 m, visine 1,5 m, napravljeni od plastičnih obruča koji su držali polietilenski film; - cilindre je podržavala drvena splav usidrena na sredini jezera; - 1992. – u cilindre su dodane malene jedinke bodorke (<i>Rutilus rutilus</i>) u različitoj brojnosti (0, 1, 3 i 4 jedinke); pokus je proveden u triplikatu – ukupno su postavljena 24 cilindra; - 1993. u jezeru su se raširili submerzni makrofiti (<i>Potamogeton berchtoldii</i>) – postavljeno je 18 cilindara (isto triplikati) jer su korištene samo 3 brojnosti bodorke (0, 2 i 4 jedinke).		Izdvojeni rezultati: - abundancija fitoplanktona je smanjena kao posljedica smanjenog alohtonog unosa nutrijenata, pa su se veći rašljoticalci (<i>Daphnia magna</i>) više hranili POM i bakterijama; - predacija riba utjecala je na promjenu zooplanktonske zajednice - smanjena je abundancija većih rašljoticalaca (<i>D. magna</i> i <i>D. hyalina</i>) uz povećanje abundancije rašljoticalaca manjeg tijela i veslonožaca; - submerzni makrofiti su ublažili intenzitet predacije nad jedinkama roda <i>Daphnia</i>, no taj utjecaj nije bio izražen.

Tablica 2. – nastavak. Primjeri mezokozmos pokusa.

Autori, godina publikacije	Lokacija / godina istraživanja / dizajn pokusa	Cilj istraživanja / izdvojeni rezultati
Lemma i sur., 2001	Tri jezera umjerenog pojasa u Njemačkoj: jezero Feldberger Haussee (alkalno, izrazito eutrofno), jezero Große Fuchskuhle (kiselo, cretno jezero) i jezero Lake Dagowsee (eutrofno); i jedno tropsko u Etiopiji (jezero Kuriftu). / 1994. i 1995. / Dizajn pokusa: - trajanje 4 – 6 tjedana (u lipnju, srpnju i kolovozu); - postavljeni su plastični cilindri promjera 2 m, koji su dosežali do dubine 3,15 m; - na dnu su prekriveni mrežom (veličina oka 500 μm) za sprečavanje ulaska riba, njihovih ličinki i makrobeskralježnjaka, koja je omogućavala izmjenu vode; - gornji rubovi su također bili prekriveni mrežom (veličina oka 2,5 mm) kako bi se spriječio ulazak riba i utjecaj piscivornih ptica; - u svakom jezeru su postavljena 2 cilindra – jedan bez riba, jedan sa zooplanktivnim ribama (dužine oko 7 – 10 cm u gustoći 30 g m⁻² mokre težine).	Istraživanje utjecaja predacijskog pritiska riba na rašljoticalce različitih veličina tijela i njihove interakcije. / Izdvojeni rezultati: - svim cilindrima s ribama su rašljoticalci nestali redoslijedom od većih prema manjima, no do određene veličine (vrsta <i>Bosmina longirostris</i> nije bila pod utjecajem predacije i bila je brojnija u pokusu s ribama, ali u bazenima s ribama nisu zabilježene veće jedinke <i>B. longirostris</i> ili jedinke s jajima, koje su nađene u cilindrima bez riba); - dominacija vrsta je ovisila i o raspoloživosti hrane – u jezeru Dagowsee (cilindar bez riba) brojnost vrste <i>Daphnia</i> spp. je nadmašila brojnost u jezeru, no nestankom fitoplanktona odgovarajuće veličine, postale su dominantne vrste manjeg tijela <i>Diaphanosoma</i> sp. i <i>Ceriodaphnia</i> sp. koje se mogu hraniti pikoplanktonom.

U paneuropskom projektu postavljeni su *in situ* mezokozmosi tijekom 1998. i 1999. godine u šest jezera, od Finske do Španjolske, s ciljem utvrđivanja utjecaja riba i eutrofikacije u plitkim jezerima na planktonsku zajednicu (Moss i sur., 2004; Stephen i sur., 2004a). Mezokozmosi su postavljeni u ljetnim mjesecima 1998. i 1999. godine u jezeru Vesijarvi na jugu Finske, Krankesjönin u Švedskoj (samo 1999.), Little Mere u Engleskoj, Naar-dermeer u Nizozemskoj, Sentiz na sjeveru Španjolske i Xeresa na jugu Španjolske (Moss i sur., 2004; Stephen i sur., 2004a). U svako jezero postavljeno je u litoralnoj zoni s makrofitima 36 polietilenskih cilindara pričvršćenih na obruče promjera 1 m. U cilindre su dodane tri različite abundancije jedinki lokalno prisutnih zooplanktivornih vrsta riba (oko 5 cm dužine, 0, 4 i 20 g m⁻²) te četiri (1998.), odnosno šest (1999.) koncentracija nutrijenata (kalcij ili natrij nitrat te kalij monofosfat) koji su dodavani na tjednoj bazi.

U pokusu je izdvojeno 29 varijabli koje su se odnosile na kemijske čimbenike, primarne producente i zooplankton. Efekti eutrofikacije su utjecali na više varijabli na jugu kontinenta što su autori povezali s povećanom abundancijom makrofita (duža sezona vegetacije). Biomasa fitoplanktona je bila pod većim utjecajem nutrijenata, nego predacije riba na svim lokalitetima. Predacija riba nije imala utjecaja na kemizam vode, ali je imala značajniji utjecaj na strukturu zooplanktona.

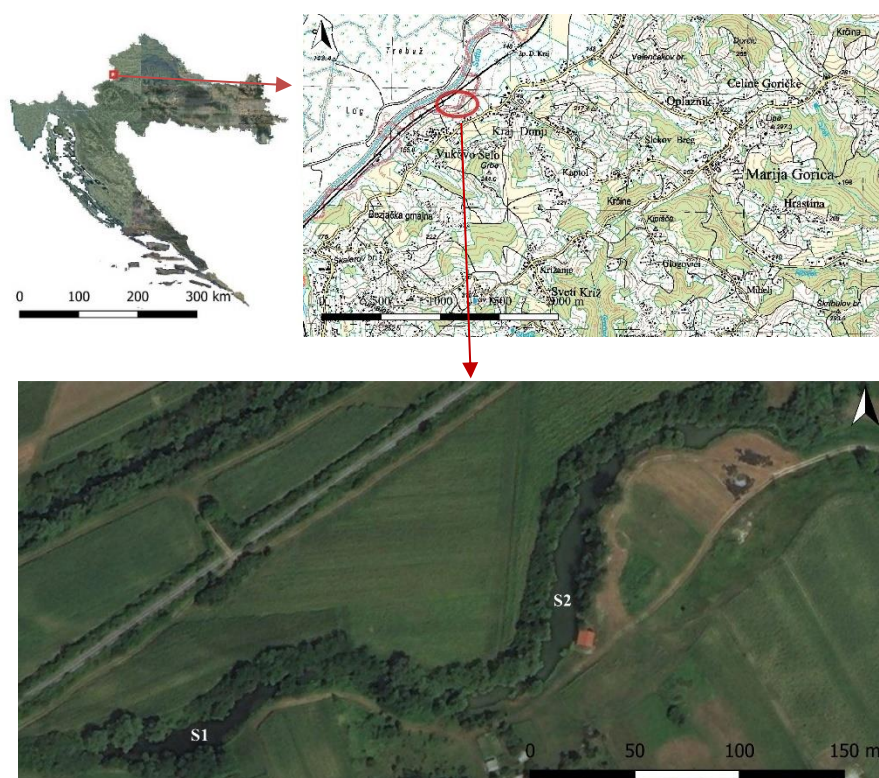
U sklopu projekta, Vakkilainen i sur. (2004) obavili su rezultate utjecaja nutrijenata i predacije riba na strukturu i biomasu zooplanktona. Rezultati su ukazali na značajniji utjecaj predacije na biomasu zooplanktona, posebno kad su razmatrane pojedine funkcionalne skupine zooplanktona, odnosno nakon smanjenja biomase većih rašljoticalaca povećala se biomasa manjih rašljoticalaca i kolnjaka. Zooplankton se skrivao u sastojinama submerznih makrofita, no učinkovitost između lokacija je varirala ovisno o vrstama makrofita i riba. Veći rašljoticalci (*Daphnia* sp., *Diaphanosoma* sp., *Sida* sp. i *Simocephalus* sp.) su bili značajni u kontroli biomase fitoplanktona (i u hipereutrofnim uvjetima ako su činili više od 30% biomase algivornog zooplanktona), dok su manji rašljoticalci i kolnjaci bili manje učinkoviti. No, također su zaključili da je zooplankton manje učinkovit u kontroli fitoplanktona nakon povećanja unosa nutrijenata pri višim temperaturama, odnosno na jugu kontinenta.

Rezultati istraživanja za pojedina jezera prikazani su u nekoliko radova (Fernández-Aláez i sur., 2004; Hansson i sur., 2004; Hietala i sur., 2004; Romo i sur., 2004; Van De Bund i Van Donk, 2004; Miracle i sur., 2007).

Drugi paneuropski pokus postavljen je 2011. godine s ciljem utvrđivanja utjecaja klimatskih promjena na strukturu zajednica, funkcioniranje i metabolizam plitkih jezera, kod niskih i visokih koncentracija nutrijenata te različitim dubinama (1 i 2 m) (Landkildehus i sur., 2014). Pokusi su postavljeni u Švedskoj (jezero Erken), Estoniji (jezero Võrtsjärv), Njemačkoj (jezero Müggelsee), Češkoj (jezero Vodňany), Turskoj (ODTÜ-DSİ Gölet) i Grčkoj (jezero Lysimachia). Pokus je proveden u trajanju od 6 mjeseci (svibanj – listopad/studeni). Postavljeno je 16 bazena promjera 1,2 m, visine 1,2 ili 2,2 m. U svaki je dodan sediment debljine 10 cm iz kojega su oslobođanje određene koncentracije fosfora (25 i 200 $\mu\text{g TP L}^{-1}$). Za simulaciju polimiksije u bazene su postavljene pumpe. U bazene je 4. dan dodan plankton uzet iz jezera, kao i dušik i fosfor (koji su dodavani svaki mjesec), a 7. dan submerzni makrofiti (*Myriophyllum spicatum*) i ribe (ovisno o lokalitetu *Gasterosteus aculeatus*, *Rutilus rutilus*, *Gambusia affinis*). S porastom temperature, smanjila se razina vode i povećala električna vodljivost. Prosječne koncentracije klorofila *a* u dubljim bazenima su pozitivno korelirale s temperaturom, čemu je dodatno pogodovalo povećanje koncentracije nutrijenata. Abundancija makrofita se povećala s porastom temperature, posebno u plićim bazenima.

3 PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Istraživanje je provedeno u rukavcu rijeke Sutle (sjeverozapadna Hrvatska, 25 km od Zagreba) na prostoru naselja Kraj Donji. Rijeka Sutla je pogranična rijeka između Republike Hrvatske i Slovenije, ukupne duljine 92 km, od toga u Hrvatskoj 89 km riječnog toka i površine sliva 590 km², u Hrvatskoj 133 km² (Hrvatske vode, 2016). Rukavac u kojem je provedeno istraživanje je nastao regulacijom rijeke Sutle prilikom izgradnje željezničke pruge Savski Marof – Kumrovec, pedesetih godina XX. stoljeća.



Slika 1. Područje istraživanja – jezera S1 i S2.

(Izvor podloga: DOF5, Bing Satellite, TK25).

Morfometrijski, rukavac je podijeljen u dva plitka jezera. U jugozapadnom jezeru (S1) prisutne su prirodne i dominantne makrofitske sastojine submerzne krute vošćike (*Ceratophyllum demersum* L.), dok u sjeveroistočnom jezeru (S2) nema submerznih makrofita, već vrlo uzak i isprekidan pojas emerznih makrofita žute perunike (*Iris pseudacorus* L.) i rogoza (*Typha* spp.). U oba jezera prevladavaju ribe iz porodice šarana, a sportski ribolov je intenzivniji u jezeru bez

makrofita (S2). U jezeru S2 zabilježen je šaran (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758) kojeg nema u jezeru S1, a u jezeru S1 štika (*Esox lucius* (non Linnaeus, 1758)) koje nema u jezeru S2.

Tijekom istraživanja razlike dubine jezera S1 i S2 nisu bile značajne (Mann-Whitney U test, $p > 0,05$). Srednja dubina jezera S1 s makrofitima iznosila je $2,2 \pm 0,3$ m, s manjim oscilacijama razine vode, a srednja dubina jezera S2 bez makrofita $2,7 \pm 0,7$ m, s većim oscilacijama razine vode.

Tablica 3. Osnovna morfometrijska i ekološka obilježja jezera S1 i S2 uz rijeku Sutlu. Kratice: z_{SD} – dubina prozirnog stupca vode mjerena Secchijevim diskom.

Obilježja jezera	S1	S2
Dužina max (m)	120	220
Širina max (m)	14,5	15,5
Površina (ha)	0,134	0,229
Dubina min (m)	1,9	1,8
Dubina max (m)	2,75	4,15
Prozirnost (z_{SD} , m)	1,50	1,30
Geološki sastav dna	pjeskoviti šljunci – sporadično s glinom, riječni pleistocensko-holocenski sediment	
Makrofiti	submerzni i emerzni makrofiti	emerzni makrofiti
Vrste submerznih makrofita	kruta voščika (<i>Ceratophyllum demersum</i> L.) s udjelom 90 %, kovrčavi mrijesnjak (<i>Potamogeton crispus</i> L.) s udjelom 10 %	-
Pokrovnost submerznih makrofita	10 – 50 %	0 %
Vrste emerznih makrofita	rogoz (<i>Typha</i> spp.) purpurna vrbica (<i>Lythrum salicaria</i> L.)	žuta perunika (<i>Iris pseudacorus</i> L.) rogoz (<i>Typha</i> spp.)
Okolna staništa	desna obala – poljoprivredne površine; lijeva obala – uzak pojas drveća (vrbe, topole, hrastovi)	
Ihtiofauna (najbrojnije vrste)	sunčanica (<i>Lepomis gibbosus</i> (Linnaeus, 1758)) zlatni karas (<i>Carassius carassius</i> (Linnaeus, 1758)) babuška (<i>Carassius gibelio</i> (Bloch, 1782)) vijun (<i>Cobitis elongatoides</i> Băcescu & Mayer, 1969) bodorka (<i>Rutilus rutilus</i> (Linnaeus, 1758))	sunčanica (<i>Lepomis gibbosus</i> (Linnaeus, 1758)) obična uklija (<i>Alburnus alburnus</i> (Linnaeus, 1758)) bodorka (<i>Rutilus rutilus</i> (Linnaeus, 1758)) vijun (<i>Cobitis elongatoides</i> Băcescu & Mayer, 1969) šaran (<i>Cyprinus carpio</i> Linnaeus, 1758)

Glavni pokretači antropogenih utjecaja na rukavac su sportski ribolov i poljoprivredne aktivnosti na okolnim površinama. Zbog sportskog ribolova jezera se periodično poribljavaju i ribe dohranjuju. Poljoprivredne aktivnosti uključuju korištenje umjetnih i prirodnih gnojiva te pesticida koji se oborinama unose u jezera.

4 MATERIJALI I METODE

4.1 Plan istraživanja

Istraživanje se sastojalo od 4 segmenta:

- 1) mjerenje fizikalno-kemijskih limnoloških čimbenika;
- 2) zooplankton – raznolikost, brojnost, biomasa, funkcionalne trofičke skupine, fekunditet i veličinska struktura;
- 3) ribe – brojnost, biomasa, veličinska struktura;
- 4) postavljanje pokusnih bazena (mezokozmosa) sa submerznim makrofitima (*Ceratophyllum demersum*) s ciljem razmatranja mogućnosti restauracije jezera.

Istraživanje je provedeno tijekom vegetacijskog razdoblja, od svibnja do listopada 2013. godine te je uključivalo tri sezone: 1) proljeće (kratica P; uključivalo uzorkovanja V., VI./1), 2) ljeto (kratica LJ, uključivalo uzorkovanja VI./2, VII./1, VII./2, VIII./1, VIII./2) i 3) jesen (kratica J, uključivalo uzorkovanja IX., X). Uzorci vode i zooplanktona su prikupljeni u mjesečnim, a tijekom ljeta, od lipnja do kolovoza, dvotjednim intervalima.

U jezeru S1, s makrofitima, uzorci vode i zooplanktona su prikupljeni na četiri postaje: u pelagijalu na sredini jezera u površinskom i u pridnom sloju, u litoralu na granici pelagijala i submerznih makrofita te unutar sastojina submerznih makrofita (Tablica 4). Na početku (V.) i kraju istraživanja (X.) nije bilo moguće uzorkovati postaju na granici pelagijala i submerznih makrofita S1RM zbog smanjene pokrovnosti makrofita.

U jezeru S2, bez makrofita, uzorci vode i zooplanktona su uzimani u površinskom sloju pelagijala i u litoralu (Tablica 4).

Ihtiofauna je uzorkovana u pelagijalu oba jezera (S1P i S2P) i unutar sastojina makrofita (S1M) (Tablica 4).

Tablica 4. Postaje i broj uzorkovanja te prikupljeni podaci u jezerima S1, S2 i mezokozmosima. Kratice: FK – mjerene vrijednosti fizikalno-kemijskih čimbenika i prikupljeni uzorci vode za laboratorijsku analizu; ZOO – uzorkovanje zooplanktona; R – uzorkovanje riba.

S1	S2
Pelagijal na površini (S1P) 9 x – FK, ZOO, R	Pelagijal na površini (S2P) 9 x – FK, ZOO, R
Pelagijal pri dnu (S1PV) 9 x – FK, ZOO	Litoral na površini pri izlazu iz bazena (S2L) 9 x – FK, ZOO
Rub sastojine makrofita (S1RM) 7 x – FK, ZOO	Kontrolna točka pored pokusa (K) 5 x – FK, ZOO, R
Unutar sastojine makrofita (S1M) 9 x – FK, ZOO, R	Mezokozmos – makrofiti, bez predacije riba (MM) 5 x – FK, ZOO, R
	Mezokozmos – makrofiti, s predacijom riba (MR) 5 x – FK, ZOO, R



Slika 2. Postaje prikupljanja uzoraka.(Izvor podloga: Bing Satellite).

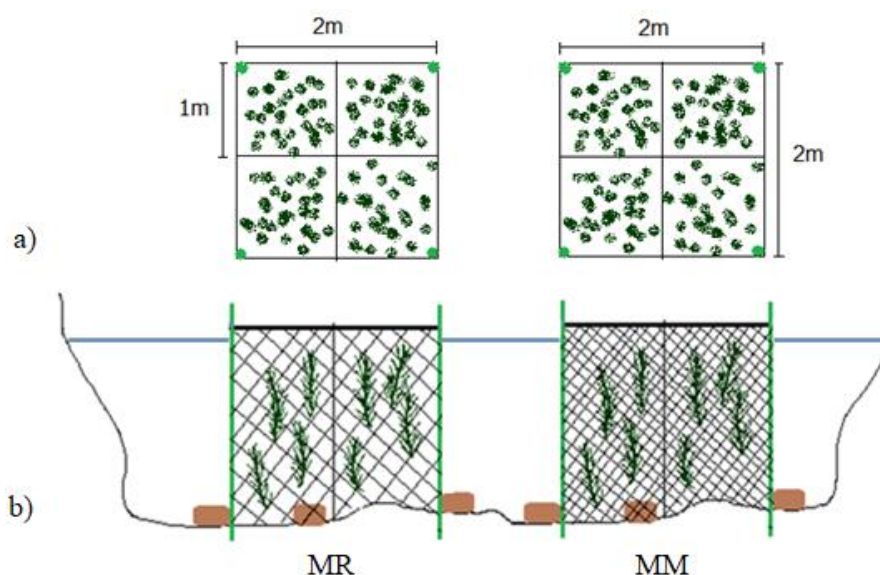
4.1.1 Mezokozmos

U jezeru S2, bez makrofita, početkom srpnja 2013. godine su postavljena dva mezokozmosa (Tablica 4, Slika 2). Mezokozmos pokus se provodio tijekom 110 dana. Mezokozmos MM je predstavljao stanište velike pokrovnosti makrofita bez predacije riba, a mezokozmos MR stanište velike pokrovnosti makrofita u kojem je prisutna predacija riba.

Mezokozmosi su bili oblika kvadra ($d = 2\text{ m}$, $\text{š} = 2\text{ m}$, $v = 1,2\text{ m}$), izgrađeni od plastičnih mreža različite veličine oka (MM 10 mm, MR 40 mm) pričvršćenih na metalne šipke (Slike 3 i 4). Svaki mezokozmos je bio podijeljen u četiri kvadranta koji su predstavljali replikate. U svaki kvadrant je stavljeno je 30 stabljika krute voščike (*C. demersum*), duljine 20 cm, prikupljenih iz jezera S1 i ispranih u destiliranoj vodi. Gornji rub mezokozmosa je bio iznad površine vode, a donji rub je bio utisnut u sediment te su mezokozmosi dodatno otežani ciglama kako bi se spriječilo pomicanje i ulazak riba. Za isključivanje utjecaja ptica na rezultat pokusa, oba mezokozmosa bila su prekrivena zaštitnom mrežom.

Uzorci vode i zooplanktona su uzimani u svakom kvadrantu mezokozmosa pojedinačno te na kontrolnoj točki (K). Prvi uzorci su prikupljeni dva tjedna nakon postavljanja mezokozmosa (VII./2).

Ihtiofauna je uzorkovana unutar mezokozmosa MR te na kontrolnoj točki (K).



Slika 3. Shema mezokozmosa. a) pogled odozgo – u kutovima metalne šipke (svijetlozeleno), pregrade između kvadranta napravljene od mreže iste veličine oka kao i vanjske stranice mezokozmosa; b) poprečni presjek.



Slika 4. Mezokozmosi postavljeni u jezeru S2 – lijevo mezokozmos MR u kojem je moguća predacija riba, desno mezokozmos MM bez predacije riba.

4.1.2 Metode uzorkovanja

Uzorci su uzimani u jutarnjim satima (od 6 do 10 h) iz čamca na vesla kako bi se smanjila resuspenzija sedimenta i očuvali submerzni makrofiti.

Zooplankton je uzorkovan u triplicatima na svim postajama filtriranjem 30 L vode kroz planktonsku mrežu promjera oko 26 μm , osim unutar kvadranta mezokozmosa i iz pridnenog sloja pelagijala (S1PV) na kojima je filtrirano 10 L vode. Uzorci pridnenog sloja pelagijala su uzimani Van Dornovim uzorkivačem ($V = 5 \text{ L}$).

Na svim postajama je uzimano 2 L vode za laboratorijsku kemijsku analizu i utvrđivanje raspoloživosti pojedinih izvora hrane (fitoplankton i organska tvar). Svi uzorci vode i zooplanktona su dopremljeni u laboratorij u prijenosnim hladnjacima.

4.2 Provedene analize

4.2.1 Okolišni čimbenici

Fizikalno-kemijska analiza vode obuhvaćala je sljedeće parametre:

- temperatura vode ($^{\circ}\text{C}$),
- prozirnost vode (m, Secchi disk),
- koncentracija otopljenog kisika ($\text{mg O}_2 \text{ L}^{-1}$),
- pH vrijednost,
- električna vodljivost ($\mu\text{S cm}^{-1}$),
- koncentracija ortofosfata ($\text{mg P-PO}_4^{3-} \text{ L}^{-1}$),
- koncentracija ukupnog fosfora (mg P L^{-1}),
- koncentracija nitrata ($\text{mg N-NO}_3^{-} \text{ L}^{-1}$),
- koncentracija nitrita ($\text{mg N-NO}_2^{-} \text{ L}^{-1}$),
- koncentracija amonijaka (mg N-NH_4^{+}),
- koncentracija ukupnog dušika (mg N L^{-1}),
- koncentracija otopljene organske tvari ($\text{mg O}_{2(\text{Mn})} \text{ L}^{-1}$),
- koncentracija klorofila *a* ($\mu\text{g Chl } a \text{ L}^{-1}$),
- koncentracija suspendirane organske tvari (mg AFDM L^{-1}).

Osnovni fizikalno-kemijski parametri, temperatura (oksimetar oznake WTW OXI 96), koncentracija otopljenog kisika (oksimetar oznake WTW OXI 96), pH (pH-metar oznake WTW 330i), električna vodljivost (konduktometar oznake Hach Sension 5) mjereni su sondama *in situ*, kao i prozirnost stupca vode Secchievim diskom ($\varnothing 20 \text{ cm}$).

Pokrovnost submerznih makrofita (%) je izmjerena na pet transekata u jezeru S1 i iskazana kao udio duljine transekta s makrofitima u ukupnoj duljini transekta (Špoljar i sur., 2011a)

Kemijska analiza vode, provedena za 67 uzoraka, uključivala je utvrđivanje koncentracije nitrata, nitrita, amonijaka i ukupnog dušika, ortofosfata, ukupnog fosfora te otopljene organske tvari.

Koncentracije ukupnog fosfora (TP) i ukupnog dušika (TN; određenog Kjeldahlovom metodom) su izmjerene prema protokolu APHA (1998). Ionskom kromatografijom su određene koncentracije ortofosfata, nitrata, nitrita i amonijaka (Dionex ICS-3000). Koncentracije nitrita

i amonijaka su izmjerene, ali su bile niže od 0,01 mg N, nisu pokazale statistički značajne razlike između postaja, pa nisu uzete u daljnja razmatranja.

Koncentracija otopljene organske tvari (eng. *dissolved organic matter*, DOM) određena je oksidacijsko-redukcijskom metodom potrošnje kisika iz kalijevog permanganata, pri čemu se količina utrošenog kisika iz kalijevog permanganata odgovara koncentraciji otopljene organske tvari.

4.2.1.1 Izvori hrane zooplanktona

Kao hrana zooplanktonu analizirana je biomasa fitoplanktona temeljem koncentracije klorofila *a* i suspendirana organska tvar ili detritus (eng. *particulate organic matter*, POM) temeljem gubitka pri žarenju (eng. *ash free dry weight*, AFDW).

Koncentracija klorofila *a* (chl *a*), osnovnog fotosintetskog pigmenta većine autotrofnih algi, određena je metodom etanolske ekstrakcije (Nusch, 1980). Absorbancija uzoraka određena je spektrofotometrijski na 665 nm, valnoj duljini apsorpcijskog maksimuma klorofila *a* (spektrofotometar Hach DR/2000).

Za procjenu količine detritusa analizirana je suspendirana organska tvar (eng. *particulate organic matter*, POM) temeljem vrijednosti gubitka pri žarenju (eng. *ash free dry weight*, AFDW). Uzorak vode je najprije sušen na temperaturi od 105°C/4h (vaganjem je dobivena masa suhog ostatka) u keramičkoj posudici, a potom je žaren u mufolnoj peći na 600°C/6h (vaganjem je dobivena masa žarenog ostatka). Razlika masa suhog i žarenog ostatka je gubitak pri žarenju, AFDW (mg AFDW L⁻¹).

4.2.2 Zooplankton

U svakom uzorku zooplanktona mikroskopski (mikroskop oznake Jenaval, Carl Zeiss Jena, povećanje 100×, 400×) je određen kvalitativni i kvantitativni.

Za određivanje zooplanktonskih vrsta korišteni su sljedeći ključevi:

- kolnjaci (Rotifera): Voigt i Koste (1978), Koste i Shiel (1989);
- rašljoticalci (Cladocera): Margaritora (1983), Amoros (1984);
- veslonošci (Copepoda): Einsle (1993);
- priručnici koji obrađuju više različitih taksonomskih skupina: Thorp i Covich (2001), Streble i Krauter (2011).

Većina kolnjaka je određena do razine vrste. Izuzetak su vrste roda *Polyarthra*, zbog zahtjevne determinacije, dvije vrste *P. dolychoptera* i *P. vulgaris*, izbrojane zajedno, kao i rodovi *Notommata* i *Ptygura*. Bdeloidni kolnjaci su izbrojani, ali nisu determinirani do nižih sistematskih kategorija.

Nakon kvalitativnog određivanja vrsta, uzorci su fiksirani u 4 % formalinu kako bi se očuvali za kasniju kvantitativnu mikroskopsku analizu. Sadržaj uzoraka se koncentrirao te im je smanjen volumen na 10 – 15 mL centrifugiranjem 5 minuta (EBA, Hettich; 3500 okretaja u minuti). Mikroskopski, u svakom uzorku pregledana su 3 poduzorka ($V = 0,5 \text{ mL}$). Brojnost vrsta i skupina zastupljenih u zooplanktonu izražena je brojem jedinki po litri (jed. L^{-1}). Tijekom mikroskopiranja bilježene su jedinke s jajašcima za analizu fekunditeta zooplanktona.

Tijekom mikroskopiranja na 20 jedinki svake vrste su izmjerene dimenzije važne za procjenu biomase, veličinsku strukturu i udjele pojedinih prehrambenih skupina. Biomasa je iskazana vrijednostima suhe težine jedinki koja je za kolnjake procijenjena temeljem izračuna geometrijskog oblika jedinki te preračunata u masu uz pretpostavku gustoće 1 (Ruttner-Kolisko, 1977; Esjmont-Karabin, 1998), a za planktonske rakove temeljem duljine tijela (Dumont i sur., 1975; Bottrell i sur., 1976).

Za analizu veličinske strukture zooplanktona, vrste su grupirane u 4 veličinske kategorije (Tablica 5).

Tablica 5. Veličinske kategorije zooplanktona.

Veličinska kategorija	Duljina	Primjeri
I.	< 300 μm	<i>Keratella cochlearis</i> , <i>Trichocerca similis</i>
II.	300 – 600 μm	<i>Asplanchna priodonta</i> , <i>Alona</i> spp., naupliji
III.	600 μm – 1 mm	<i>Scapholeberis mucronata</i> , kopepoditi
IV.	> 1 mm	<i>Daphnia</i> spp., <i>Simocephalus</i> spp., veslonošci

Prehrambene skupine zooplanktona su određene prema vrsti i veličini čestica hrane te načinu prehrane (Karabin, 1985). U radu je primijenjena modificirana podjela (Špoljar i sur., 2007, 2017a; Galir Balkić, 2019). Kolnjaci i veslonošci su podijeljeni na detritivorne mikrofiltratore (Mi), algivorne makrofiltratore (Ma) i predatore (P). Rašljoticalci su podijeljeni na detritivorne mikrofiltratore (Mi) i algivorne makrofiltratore (Ma).

4.2.3 Ihtiofauna

Ihtiofauna je uzorkovana metodom lova elektroagregatom (Hans Grassl EL 63 II, 220/440 V, 17.8/8.9 A). Sve prikupljene jединke su izmjerene i vraćene u jezera.

Ulovljene jединke ihtiofaune su određene do razine vrste, utvrđena je njihova veličina, biomasa i način prehrane. Abundancija ribljih vrsta je izražena brojem jединki po jedinici lovnog napora (eng. *catch per unit effort*, CPUE) u 15 minuta tijekom uzorkovanja.

Temeljem podataka o duljini, jединke su grupirane u 3 veličinske kategorije (I. < 5 cm, II. 5 – 10 cm i III. > 10 cm).

Svi podaci o ihtiofauni su prikupljeni u suradnji sa Zavodom za ribarstvo, pčelarstvo, lovstvo i specijalnu zoologiju Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

4.2.4 Obrada podataka

Podaci su prikazani kroz osnovne statističke mjere kao što su srednja vrijednost (SV) i standardna devijacija uzorka (SD). Koeficijent varijacije uzorka (Kv), omjer vrijednosti standardne devijacije uzorka sa srednjom vrijednosti podataka, korišten je za usporedbu fizikalno-kemijskih čimbenika između jezera.

Udio prozirnog stupca vode izračunat je kao omjer izmjerenog prozirnog stupca vode i izmjerene dubine jezera te izražen kao postotak.

Stupanj trofije rukavca izražen je koristeći Carlsonov indeks stupnja trofije (Carlson, 1977) koji uključuje prozirnost, ukupnu koncentraciju fosfora i biomasu fitoplanktona.

Konstantnost ili učestalost vrste (K_n) označava učestalost kojom se pojedina vrsta susreće u određenom tipu zajednice (Odum, 1971), a izračunata je prema formuli: $K_n = \frac{u_n}{U} \times 100$

gdje je u_n – broj postaja i uzorkovanja kad je vrsta zabilježena; U – ukupan broj postaja i uzorkovanja. Dobivene vrijednosti su raspoređene u sljedeće kategorije učestalosti vrste: eukonstantne (100 – 75 %), konstantne (75 – 50 %), akcesorne (50 – 25 %) i rijetke vrste (1 – 25 %).

Prije statističke analize provedena je provjera raspodjele podataka Shapiro-Wilkovim W testom (netransformiranih i logaritamski transformiranih podataka [$\log(x+1)$]), koji je u oba slučaja ukazao na odstupanje od normalne raspodjele i nužnost korištenja neparametrijskih statističkih metoda. Mann-Whitney U test je korišten za usporedbu čimbenika između dva nezavisna

uzorka, a Kruskal-Wallis test između više nezavisnih uzoraka. Nakon Kruskal-Wallis testa primijenjen je *post hoc* test višestruke usporedbe srednjih rangova grupa. Spearmanov koeficijent korelacije (r , $p < 0,05$) je korišten za utvrđivanje značajnosti međuodnosa abiotičkih i biotičkih čimbenika. Za utvrđivanje sličnosti između postaja temeljem fizikalno-kemijskih čimbenika, pokrovnosti makrofita i intenziteta predacije (brojnosti riba), brojnosti zooplanktona i brojnosti zooplanktona s jajašcima korišteno je nemetričko multidimenzionalno skaliranje (NMDS). Multivarijatna analiza sličnosti (ANOSIM) je primijenjena za testiranje sličnosti i različitosti između postaja temeljem fizikalno-kemijskih čimbenika, pokrovnosti makrofita i intenziteta predacije (brojnosti riba) te pojedinih obilježja strukture zooplanktona. ANOSIM daje R vrijednost u rasponu od -1 do $+1$, a 0 ukazuje na to da nema razlike između setova podataka (Clarke i Warwick, 2001). Dobivene vrijednosti R su tumačene kao potpuno različiti setovi podataka ($R > 0,75$), sličniji, ali još uvijek jasno različiti ($R 0,5 - 0,75$) i slabo različiti ili slični setovi podataka ($R < 0,25$; Dražina i sur., 2013). Za prikaz biocenotičkih obilježja zooplanktona korišten je Shannonov indeks raznolikosti (H'), a usporedba postaja temeljem sastava zooplanktona izračunom postotka sličnosti (SIMPER). ABC analizom se utvrdio stres u okolišu temeljem brojnosti i biomase zajednice u mezokozmosima. Vrijednosti W manje od 0 indiciraju stanje stresa, a vrijednosti bliže 1 su indikator stabilnosti ekosustava. Kanonička analiza korespondencije (CCA) korištena je za pojašnjavanje odnosa između abiotičkih i biotičkih čimbenika te funkcionalnih karakteristika zooplanktona.

Za statističku analizu podataka (Shapiro-Wilkov W test, Mann-Whitney U test, Kruskal-Wallis test, *post hoc* test) korišten je program STATISTICA 10 (StatSoft Inc.). Za izračunavanje Shannon-Wienerovog indeksa raznolikosti (H'), SIMPER, ANOSIM i NMDS analize korišten je program Primer 7 (PRIMER-E Ltd.). U programskom paketu Canoco 5 je provedena CCA analiza. Za izradu ostalih grafičkih prikaza korišteni su programi Microsoft Excel for Microsoft 365 (Microsoft Corporation) i STATISTICA 10 (StatSoft Inc.).

5 REZULTATI

5.1 Čimbenici okoliša

Tijekom istraživanog razdoblja od proljeća (svibanj) do jeseni (listopad) 2013. godine, u jezerima S1 s makrofitima i S2 bez makrofita ukupno je analizirano 16 čimbenika okoliša, od kojih su koncentracija klorofila a, kao pokazatelj biomase fitoplanktona, i AFDM, kao pokazatelj koncentracije suspendirane organske tvari (POM) razmatrani kao izvori hrane.

5.1.1 Fizikalno-kemijski čimbenici i izvori hrane u jezerima

Raspon minimalnih i maksimalnih vrijednosti čimbenika okoliša prikazan je u Tablici 6. Pored veće pokrovnosti makrofita, rezultati ukazuju na značajno veće vrijednosti prozirnosti i udjela prozirnog stupca vode u jezeru S1 (Slike 5 i 6). Električna vodljivost i koncentracije nitrata su bile veće u jezeru S2 sa srednjim vrijednostima oko $600 \mu\text{S cm}^{-1}$, odnosno $0,38 \text{ mg N-NO}_3^- \text{ L}^{-1}$, dok su se u jezeru S1 te vrijednosti kretale oko $400 \mu\text{S cm}^{-1}$, odnosno $0,17 \text{ mg N-NO}_3^- \text{ L}^{-1}$ (Mann-Whitney U test, $p < 0,05$; Tablica 6; Slika 7). U oba jezera zabilježene su veće varijacije koncentracija ortofosfata i nitrata ($K_v > 80 \%$), te vrlo male varijacije pH vrijednosti ($K_v < 4 \%$; Tablica 6). Koncentracije nitrita i amonijaka su konstantno bile niže od $0,01 \text{ mg N L}^{-1}$, nisu pokazivale statistički značajne sezonske ni prostorne razlike (Kruskal-Wallis test, $p > 0,05$) te nisu uzete u daljnja razmatranja.

Sezonske varijacije makrofitskih sastojina ukazuju na najslabiju pokrovnost u proljeće, kada je iznosila svega 10 % površine jezera, i najveću pokrovnost, od 50 % ljeti (Kruskal-Wallis test, $H_{(2, 34)} = 16,52$, $p = 0,0001$; Slika 5). Sezonske promjene prozirnosti i udjela prozirnog stupca vode, unatoč velikim varijacijama, nisu bile statistički značajne (Kruskal-Wallis test, $p > 0,05$). U S1, ovi su čimbenici bili najveći u proljeće ($1,2 \pm 0,03 \text{ m}$ i $60 \pm 8 \%$), a najmanji u jesen ($0,9 \pm 0,4 \text{ m}$ i $38 \pm 14 \%$; Slika 6). U jezeru S2 su prozirnost i udio prozirnog stupca vode bili najveći u jesen ($0,9 \pm 0,6 \text{ m}$ i $37,6 \pm 26,7 \%$), a najmanji ljeti ($0,6 \pm 0,1 \text{ m}$ i $25 \pm 7 \%$). Temperature vode očekivano su bile najviše ljeti ($\approx 23^\circ\text{C}$ u oba jezera), a znatno manje, za 5°C odnosno 8°C , u proljeće i jesen. Tijekom ljetnog razdoblja najniže vrijednosti utvrđene su za koncentracije otopljenog kisika, električnu vodljivost, pH i koncentraciju nitrata. Koncentracije ortofosfata su bile znatno niže u proljetnom razdoblju u odnosu na jesen, dok su u jesenskom

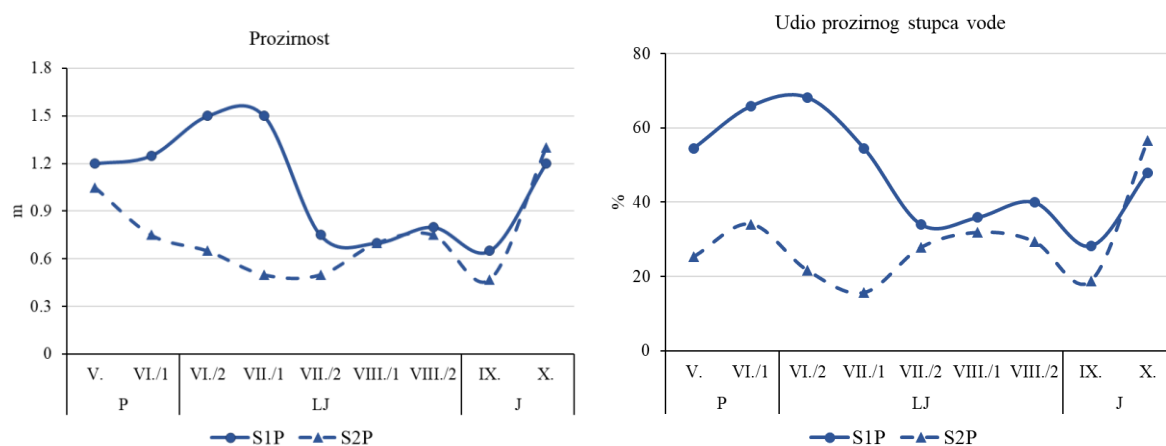
razdoblju najniže vrijednosti izmjerene za koncentracije ukupnog dušika i DOM (Tablica 7; Slika 7).

Tablica 6. Fizikalno-kemijski čimbenici u jezerima S1 i S2. Kratice: SV – srednja vrijednost, SD – standardna devijacija, min – najmanja izmjerena vrijednost, max – najveća izmjerena vrijednost, Kv – koeficijent varijacije (%) i MWU – Mann-Whitney U test ($p < 0,05$).

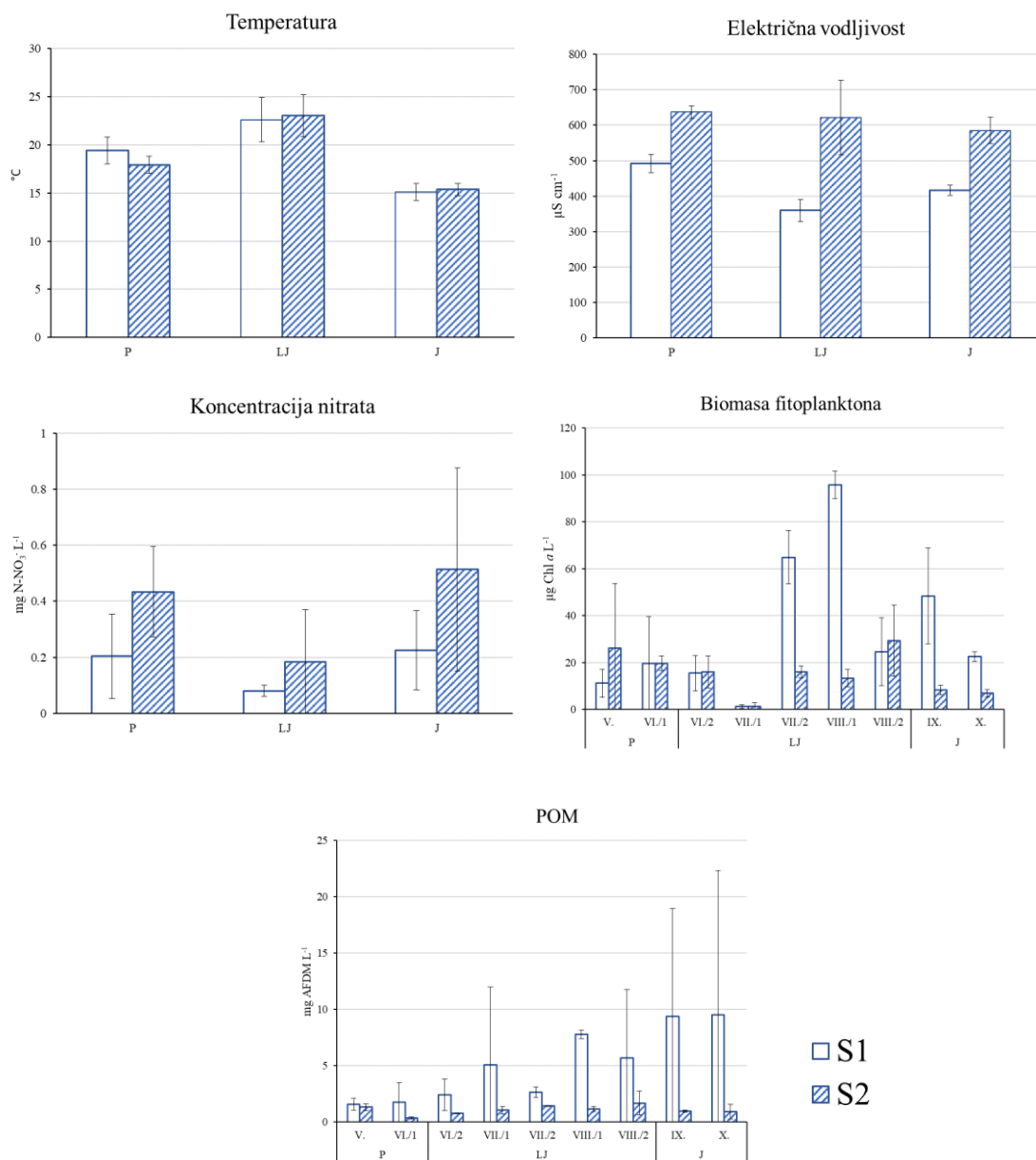
Čimbenici okoliša	S1		S2		MWU	
	SV $\pm$ SD (min – max)	Kv	SV $\pm$ SD (min – max)	Kv	n	Z
Pokrovnost makrofita (%)	31,7 $\pm$ 12,7 (10 – 50)	40	0 $\pm$ 0 (0 – 0)	0	18	3,78
Prozirnost – Secchi disk (z_{SD} , m)	1,1 $\pm$ 0,3 (0,65 – 1,5)	32	0,7 $\pm$ 0,3 (0,5 – 1,3)	37	18	1,94
Udio prozirnog stupca vode (%)	47,7 $\pm$ 14,1 (23,8 – 68,2)	30	29,0 $\pm$ 11,9 (15,6 – 56,5)	41	18	2,60
Temperatura ($^{\circ}$ C)	20,5 $\pm$ 3,5 (14,0 – 26,6)	17	20,2 $\pm$ 3,7 (14,5 – 26,5)	19		
Otopljeni kisik (mg L ⁻¹)	6,5 $\pm$ 3,2 (2,2 – 16,8)	51	5,4 $\pm$ 1,8 (2,0 – 8,9)	34		
Električna vodljivost (μ S cm ⁻¹)	397,6 $\pm$ 59,9 (323 – 521)	15	616,5 $\pm$ 80,7 (325 – 681)	12	43	–4,99
pH	7,7 $\pm$ 0,3 (7,3 – 8,5)	4	7,7 $\pm$ 0,2 (7,4 – 8,2)	3		
Ortofosfati (mg P-PO ₄ ³⁻ L ⁻¹)	0,092 $\pm$ 0,076 (0,031 – 0,381)	83	0,187 $\pm$ 0,253 (0,032 – 1,011)	135		
Ukupni fosfor (mg P L ⁻¹)	0,444 $\pm$ 0,311 (0,095 – 1,834)	10	0,453 $\pm$ 0,247 (0,143 – 1,325)	54		
Nitrati (mg N-NO ₃ ⁻ L ⁻¹)	0,134 $\pm$ 0,109 (0,061 – 0,372)	81	0,313 $\pm$ 0,263 (0,069 – 0,875)	84	43	–3,24
Ukupni dušik (mg N L ⁻¹)	0,972 $\pm$ 0,522 (0,017 – 1,823)	54	0,858 $\pm$ 0,455 (0,133 – 1,878)	53		
DOM (mg O _{2Mn} L ⁻¹)	22,15 $\pm$ 5,59 (15,80 – 37,29)	25	20,92 $\pm$ 6,67 (14,22 – 37,)	32		
Fitoplankton (μ g Chl <i>a</i> L ⁻¹)	35,05 $\pm$ 31,53 (0,59 – 102,12)	90	15,19 $\pm$ 11,83 (0,30 – 45,58)	78	43	2,01
POM (mg AFDM L ⁻¹)	5,07 $\pm$ 5,54 (0,49 – 20,44)	110	1,08 $\pm$ 0,50 (0,30 – 2,44)	46	43	3,63



Slika 5. Sezonske promjene pokrovnosti submerznih makrofita u jezeru S1.



Slika 6. Sezonske promjene prozirnosti i udjela prozirnog stupca vode u jezerima S1 s makrofitima i S2 bez makrofita.



Slika 7. Sezonske promjene ($SV \pm SD$) temperature, električne vodljivosti i nitrata te izvora hrane, biomase fitoplanktona i POM u jezerima S1 i S2.

Tablica 7. Značajne sezonske razlike limnoloških čimbenika (Kruskal-Wallis test i *post hoc* test višestruke usporedbe, $n = 52$; $p < 0,05$). Kratice: P – proljeće, LJ – ljeto, J – jesen.

Čimbenici okoliša	H	Višestruka usporedba
Temperatura (°C)	38,57	LJ > P, J
Otopljeni kisik (mg L ⁻¹)	6,54	LJ < P
Električna vodljivost (μS cm ⁻¹)	6,98	LJ < P
pH	10,42	LJ < J
Ortofosfati (mg P-PO ₄ ³⁻ L ⁻¹)	6,91	P < J
Nitrati (mg N-NO ₃ ⁻ L ⁻¹)	15,43	LJ < P, J
TN (mg N L ⁻¹)	27,47	J < P, LJ
DOM (mg O _{2(Mn)} L ⁻¹)	19,79	J < P, LJ

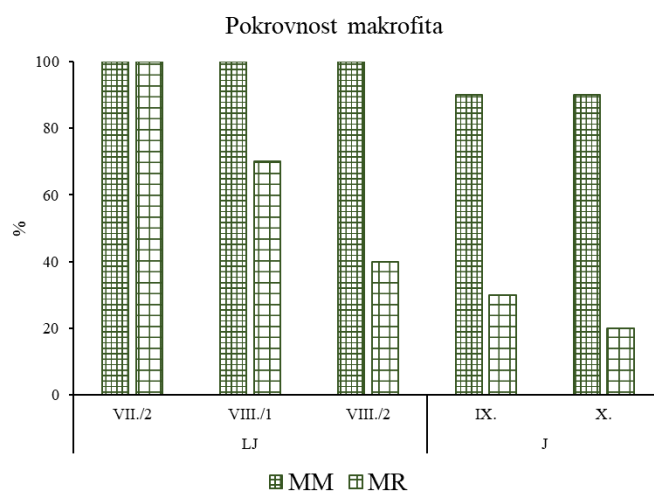
Biomasa fitoplanktona (mjerena temeljem koncentracije klorofila *a*), razmatrana je kao hrana za algivore, odnosno makrofiltratore, a suspendirana organska tvar (POM, mjerena temeljem koncentracije ADFM), kao hrana za detritivore, odnosno mikrofiltratore (Slika 7). Biomasa fitoplanktona i koncentracije POM bile su značajno veće u jezeru S1 u odnosu na jezero S2 (Tablica 6). Sezonske razlike u oscilacijama fitoplanktona i POM imale su velika odstupanja ($K_v > 90$), međutim one nisu bile statistički značajne (Kruskal-Wallis test, $p > 0,05$, Slika 7).

U jezeru S1 je biomasa fitoplanktona u proljetnom razdoblju bila niža u odnosu na jezero S2 ($S1_P 16,162 \pm 15,126 \mu\text{g Chl } a \text{ L}^{-1}$; $S2_P 22,866 \pm 16,469 \mu\text{g Chl } a \text{ L}^{-1}$), dok je ljeti i u jesen bila višestruko veća u jezeru S1 ($S1_{LJ, J} \approx 40 \mu\text{g Chl } a \text{ L}^{-1}$; $S2_{LJ, J} \approx 7 - 15 \mu\text{g Chl } a \text{ L}^{-1}$). U oba jezera najniža biomasa fitoplanktona zabilježena je početkom srpnja i iznosila je oko $1 \mu\text{g Chl } a \text{ L}^{-1}$. Najviše koncentracije POM u jezeru S1 izmjerene su u jesenskom razdoblju ($S1_J 9,456 \pm 9,308 \text{ mg AFDm L}^{-1}$), dok se kroz sve sezone u jezeru S2 vrijednost ovog čimbenika kretala oko 1 mg AFDm L^{-1} .

5.1.2 Fizikalno-kemijski čimbenici i izvori hrane u mezokozmosima

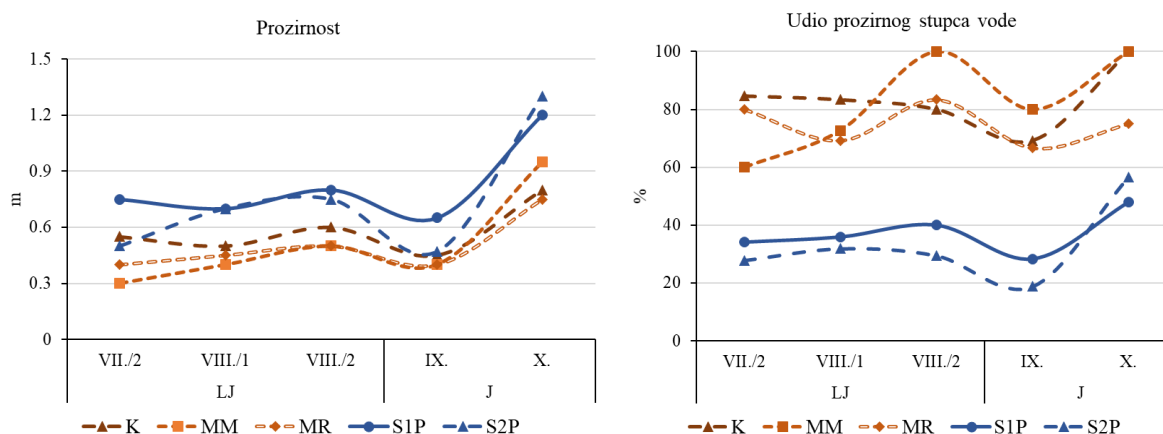
Oscilacije limnoloških čimbenika u mezokozmosima, MM (s makrofitima, bez predacije riba) i MR (s makrofitima i predacijom ribama) te u kontrolnoj točki (K) tijekom 110 dana pokusa navedene su u Tablici 8. Vrijednosti fizikalno-kemijskih čimbenika između mezokozmosa MM i MR te mezokozmosa i kontrolne točke se nisu značajno razlikovale (Mann-Whitney U test, $p > 0,05$) izuzev u pokrovnosti makrofita (Tablica 9).

Tijekom istraživanih razdoblja pokrovnost makrofita se izraženije mijenjala u mezokozmosu MR ($K_v = 63\%$) u odnosu na mezokozmos MM ($K_v = 6\%$). Pokrovnost makrofita je na početku pokusa u oba mezokozmosa (MM, MR) iznosila 100 %, nakon čega se neznatno smanjila u mezokozmosu MM gdje je na kraju pokusa iznosila 90 %, dok se mezokozmosu MR značajno smanjila na svega 20 % (Tablica 9; Slika 8).



Slika 8. Sezonske promjene pokrovnosti submerznih makrofita u mezokozmosima MM i MR.

Izmjerene vrijednosti prozirnosti u oba mezokozmosa kretale su se oko 0,5 m te su bile neznatno niže u odnosu na K (Mann-Whitney U test, $p > 0,05$; Slika 9), dok je prozirnost u mezokozmosu MR bila značajno niža u odnosu na jezero S1 (Tablica 9). Udio prozirnog stupca bio je veći u mezokozmosima (MM $83 \pm 18\%$ i MR $75 \pm 7\%$) u odnosu na oba jezera (Tablica 9; Slika 9).



Slika 9. Sezonska promjena prozirnosti i udjela prozirnog stupca vode u pokusu (MM i MR), kontrolnoj točki (K) te jezerima S1 i S2.

Tablica 8. Fizikalno-kemijski čimbenici unutar mezokozmosa (MM i MR) i u kontrolnoj točki (K). Kratice: Min – najmanja izmjerena vrijednost, Max – najveća izmjerena vrijednost, SV – srednja vrijednost, SD – standardna devijacija, Kv – koeficijent varijacije (%).

Čimbenici okoliša	MM		MR		K	
	SV ± SD (min – max)	Kv	SV ± SD (min – max)	Kv	SV ± SD (min – max)	Kv
Pokrovnost makrofita (%)	96,0 ± 5,5 (90 – 100)	6	52,0 ± 32,7 (20 – 100)	63	0 ± 0 (0 – 0)	0
Prozirnost – Secchi disk (z _{SD} , m)	0,5 ± 0,2 (0,3 – 0,9)	50	0,5 ± 0,1 (0,4 – 0,7)	29	0,6 ± 0,1 (0,4 – 0,8)	23
Udio prozirnog stupca vode (%)	82,5 ± 17,5 (60,0 – 100,0)	21	74,8 ± 7,0 (66,7 – 83,3)	9	83,4 ± 11,1 (69,2 – 100,0)	13
Temperatura (°C)	21,2 ± 3,3 (16,0 – 24,6)	16	21,0 ± 3,9 (14,6 – 25,0)	18	21,0 ± 4,0 (14,5 – 25,1)	19
Otopljeni kisik (mg L ⁻¹)	6,4 ± 2,9 (3,2 – 11,1)	46	4,4 ± 1,0 3,3 – 5,8	23	4,6 ± 1,4 (2,7 – 6,5)	31
Električna vodljivost (μS cm ⁻¹)	544,6 ± 146,0 (299,0 – 653,0)	27	434,4 ± 184,5 (285,0 – 647,0)	42	615,0 ± 32,8 (572,0 – 648,0)	5
pH	7,9 ± 0,1 (7,8 – 8,1)	1	7,9 ± 0,1 (7,8 – 8,1)	1	7,9 ± 0,2 (7,7 – 8,4)	3
Ortofosfati (mg P-PO ₄ ³⁻ L ⁻¹)	0,187 ± 0,140 (0,053 – 0,383)	75	0,091 ± 0,029 (0,057 – 0,131)	32	0,088 ± 0,042 (0,047 – 0,158)	48
Ukupni fosfor (mg P L ⁻¹)	0,588 ± 0,383 (0,206 – 1,150)	65	0,420 ± 0,182 (0,222 – 0,625)	43	0,522 ± 0,080 (0,429 – 0,637)	15
Nitrati (mg N-NO ₃ ⁻ L ⁻¹)	0,244 ± 0,172 (0,066 – 0,488)	71	0,169 ± 0,115 (0,065 – 0,328)	68	0,114 ± 0,079 (0,023 – 0,241)	69
Ukupni dušik (mg N L ⁻¹)	0,963 ± 0,868 (0,069 – 2,095)	90	0,806 ± 0,648 (0,046 – 1,566)	80	0,863 ± 0,397 (0,386 – 1,344)	46
DOM (mg O _{2(Mn)} L ⁻¹)	26,62 ± 8,55 (16,98 – 36,34)	32	18,52 ± 2,84 (14,81 – 21,72)	15	17,62 ± 2,64 (14,22 – 20,93)	15
Fitoplankton (μg Chl <i>a</i> L ⁻¹)	29,19 ± 31,95 (4,44 – 81,40)	110	16,11 ± 8,25 (5,33 – 24,61)	51	13,63 ± 7,53 (5,33 – 22,79)	55
POM (mg AFDM L ⁻¹)	55,49 ± 59,22 (3,48 – 151,18)	107	4,07 ± 2,71 (1,94 – 8,67)	66	0,88 ± 0,42 (0,45 – 1,37)	47

Tablica 9. Značajne razlike limnoloških čimbenika između mezokozmosa (MM i MR), kao i u odnosu na kontrolnu točku (K) te jezera S1 i S2 (Mann-Whitney U test, $p < 0,05$).

Čimbenici okoliša	Z (MM – MR)	Z (MM – K)	Z (MM – S1)	Z (MM – S2)	Z (MR – K)	Z (MR – S1)	Z (MR – S2)
Pokrovnost makrofita (%)	2,09 (n = 10)	2,51 (n = 10)	2,51 (n = 10)	2,51 (n = 10)	2,51 (n = 10)		2,51 (n = 10)
Prozirnost – Secchi disk (z_{SD} , m)						–1,98 (n = 10)	
Udio prozirnog stupca vode (%)			2,51 (n = 10)	2,51 (n = 10)		2,51 (n = 10)	2,51 (n = 10)
DOM (mg $O_{2(Mn)}$ L ^{–1})				1,90 (n = 15)			
Fitoplankton (μ g Chl <i>a</i> L ^{–1})						–2,45 (n = 19)	
POM (mg AFDM L ^{–1})	2,09 (n = 10)	2,51 (n = 10)	2,36 (n = 19)	3,00 (n = 15)	2,51 (n = 10)		2,76 (n = 15)

U mezokozmosu MM zabilježene su izrazite promjene raspoloživosti oba izvora hrane (biomasa fitoplanktona Kv = 110 %; POM Kv = 107%) u odnosu na MR i kontrolnu točku gdje su varijacije bile gotovo upola manje (Tablica 8). Vrijednosti koncentracije klorofila *a* nisu bile statistički značajne između mezokozmosa (Mann-Whitney U test, $p > 0,05$) iako su bile dvostruko veće ($\approx 29 \mu\text{g Chl } a \text{ L}^{-1}$) u MM u odnosu na MR i K ($\approx 15 \mu\text{g Chl } a \text{ L}^{-1}$; Tablica 9).

U mezokozmosu MM izmjerene su značajno veće koncentracije POM u odnosu na MR, kontrolnu točku te jezera S1 i S2 (Tablica 9). U mezokozmosu MM koncentracije POM su se kretale oko srednje vrijednosti od 55 mg AFDM L^{–1}, dok u mezokozmosu MR oko 4 mg AFDM L^{–1}, a na kontrolnoj točki oko svega 1 mg AFDM L^{–1} (Tablica 8).

5.1.3 Interakcije čimbenika okoliša i procjena trofičkog stanja

Rezultati analiza ukazuju na značajan utjecaj pokrovnosti makrofita u jezeru S1 i mezokozmosima na povećanje udjela prozirnog stupca vode ($r = 0,520$, $p < 0,05$) te smanjenje koncentracije nitrata ($r = -0,258$, $p < 0,05$) i električne vodljivosti ($r = -0,562$, $p < 0,05$; Prilog A). Vrijednosti korelacija značajnih interakcija čimbenika okoliša (Spearmanov koeficijent korelacije, $p < 0,05$) u jezerima i mezokozmosima nalaze se u Prilogu A. Iz rezultata također proizlazi da je u S1 veća pokrovnost makrofita pozitivno utjecala na biomasu fitoplanktona,

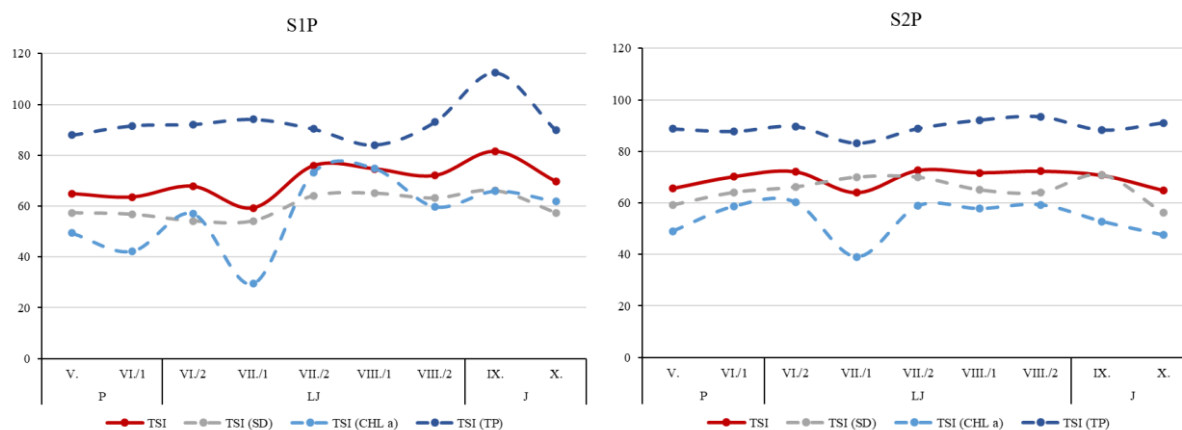
koja je bila praćena većim koncentracijama ukupnog dušika, suspendirane i otopljene organske tvari. Veće koncentracije POM uzrokovala su smanjenje prozirnosti i povezane su s nižim koncentracijama otopljenog kisika. Proizlazi da su kod viših temperatura vode zabilježene niže koncentracije otopljenog kisika i nitrata te veće koncentracije ukupnog dušika i DOM. Povećanje koncentracije nitrata povezano je s porastom električne vodljivosti (Prilog A).

Vrijednosti trofičkog indeksa (TSI) kretale su se oko srednje vrijednosti 70 u oba jezera (Slika 10). Promjene TSI ukazuju na prijelaz oba jezera iz eutrofnog u hipereutrofno stanje. U jezeru S1 hipertrofija je nastupila sredinom ljeta (VII./2), a u jezeru S2 krajem proljeća te je u oba visoko stanje trofije trajalo do početka jeseni.

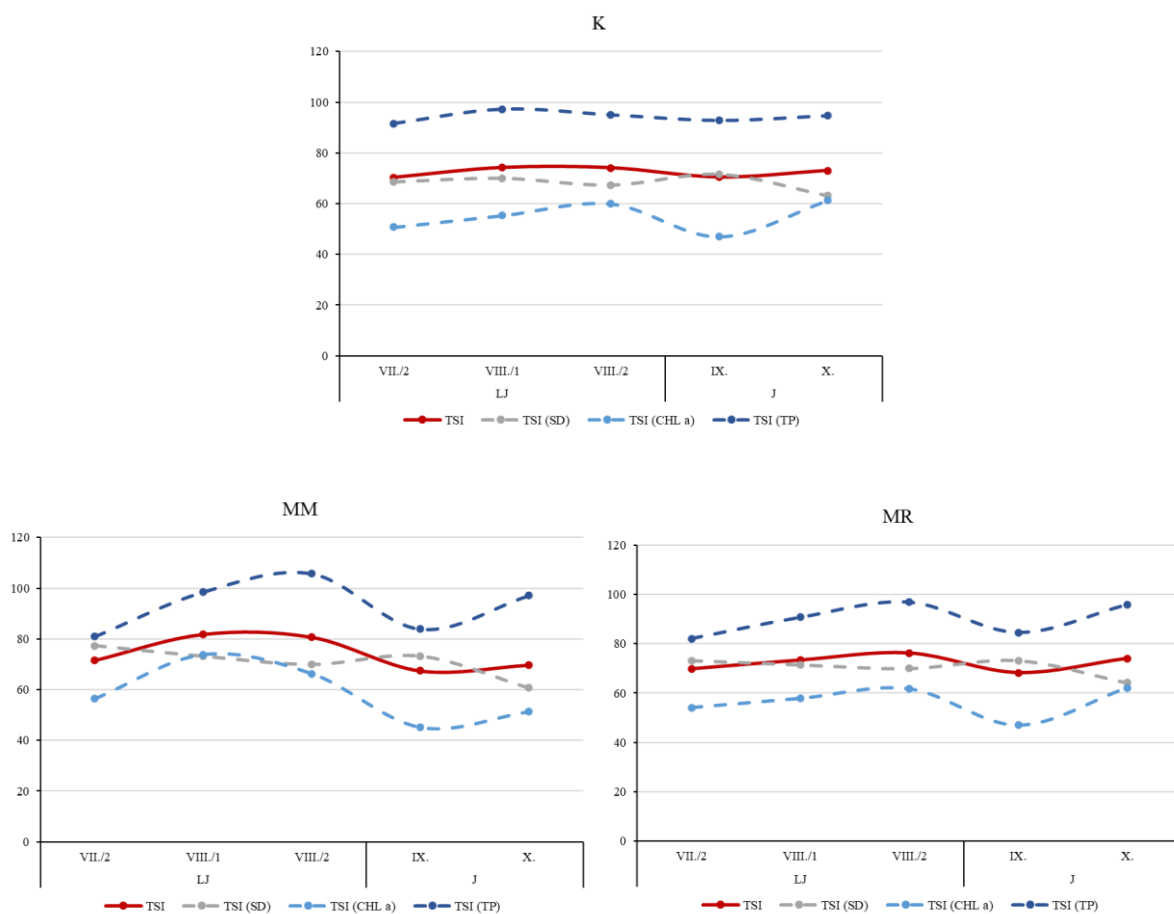
Vrijednosti TSI su varirale oko $71,26 \pm 6,57$ u mezokozmosu MM, a oko $72,34 \pm 2,90$ u MR (Slika 11). Vrijednosti TSI indeksa na kontrolnoj točki su ukazivale na hipertrofiju ($72,41 \pm 1,92$) tijekom trajanja pokusa. Oscilacije vrijednosti TSI u mezokozmosu MM su ukazivale na hipereutrofiju tijekom ljeta, a eutrofiju u jesenskom razdoblju, a u mezokozmosu MR vrijednosti TSI su odgovarale onima za eutrofna jezera na početku ljeta i jeseni, dok su ostatak pokusa ukazivale na hipereutrofiju. Općenito, u jezerima i mezokozmosima vrijednosti TSI_{TP} su bile više od vrijednosti $TSI_{Chl\ a}$, a one su bile niže od TSI_{SD} .

ANOSIM analiza s obzirom na pokrovnost makrofita, fizikalno-kemijske čimbenike i izvore hrane ukazivala je na jasnu razliku između postaja u jezerima S1 i S2 ($r = 0,716$, $p = 0,001$). Uključivanjem brojnosti veličinskih kategorija riba ANOSIM analiza je ukazivala na još izraženije razlike između postaja ($r = 0,743$, $p = 0,001$; Slika 12), odnosno okolišnih uvjeta koji su jasno razdvojili tri skupine S2 (S2P, S2L, K), S1 (S1P, S1PV, S1RM, S1M i MR) te MM.

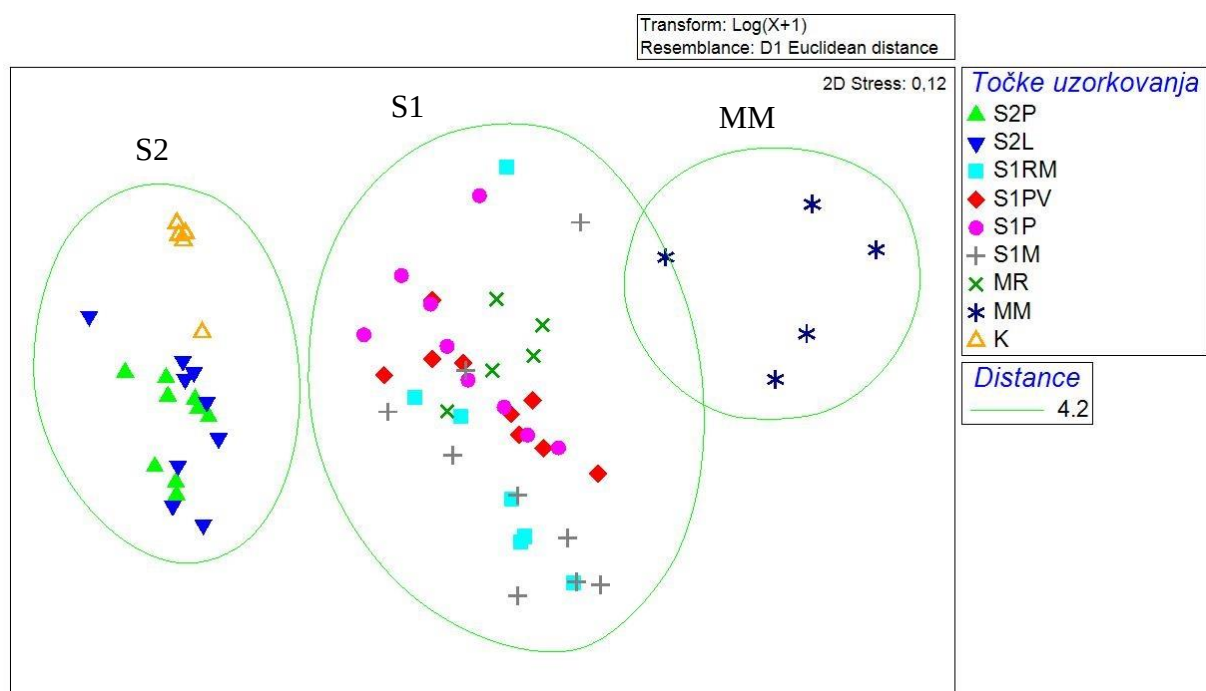
Uvjeti u jezerima, kao i mezokozmosima, su bili značajno različiti, $r = 0,991$, $p = 0,001$, odnosno $r = 0,312$, $p = 0,05$. Također, ekološki uvjeti u oba mezokozmosa razlikovali su se od kontrolne točke ($r = 1$, $p = 0,008$) te su bili sličniji onima u jezeru S1 ($r = 0,364$, $p = 0,002$) u odnosu na jezero S2 ($r = 0,97$, $p = 0,001$).



Slika 10. Sezonske promjene indeksa trofijske u jezerima S1 i S2.



Slika 11. Sezonske promjene indeksa stupnja trofijske u jezerima kontrolnoj točki (K) i mezokozmosima (MM i MR).



Slika 12. NMDS analiza okolišnih čimbenika (fizikalno-kemijski čimbenici, pokrovnost makrofita i brojnost veličinskih kategorija riba).

5.2 Struktura ihtiofaune u jezerima i mezokozmosima

Tijekom istraživanja zabilježeno je 15 vrsta riba. Vrste iz porodice šarana (Cyprinidae) su bile najbrojnije (10 vrsta), dok su jednom vrstom bile zastupljene porodice sunčanica (Centrarchidae), vijuna (Cobitidae), sjevernoameričkih somova (Ictaluridae), grgeča (Percidae) i štika (Esocidae; Tablica 10). Zabilježeno je najviše omnivornih vrsta (5 vrsta), zatim invertivora (4 vrste), bentivora 3 vrste, a ostale funkcionalne prehrambene skupine riba su bile zastupljene 1 vrstom. Planktivornim vrstama, čija prehrana uključuje zooplankton, pripadalo je 8 vrsta adultnih riba, dok je mlađ većine zabilježenih vrsta planktivorna (13 vrsta; Tablica 10).

U jezeru S1 zabilježeno je 12 vrsta, od čega je pet vrsta ulovljeno samo u jezeru S1 (štuka, *Esox lucius* Linnaeus, 1758, babuška, *Carassius gibelio* (Bloch, 1782), zlatni karas, *Carassius carassius* (Linnaeus, 1758), patuljasti somić, *Ameiurus nebulosus* (Lesueur, 1819) i bezribica, *Pseudorasbora parva* (Temminck & Schlegel, 1846)). U jezeru S2 je zabilježeno 10 vrsta, od kojih su 3 ulovljene samo u jezeru S2 (šaran, *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758, nosara, *Vimba vimba* (Linnaeus, 1758) i krupatica, *Blicca bjoerkna* (Linnaeus, 1758))

U jezerima su zabilježene 4 invazivne vrste riba: babuška, *Carassius gibelio* (Bloch, 1782), patuljasti somić, *Ameiurus nebulosus* (Lesueur, 1819), bezribica, *Pseudorasbora parva* (Temminck & Schlegel, 1846) i sunčanica, *Lepomis gibbosus* (Linnaeus, 1758) koja je bila najbrojnija vrsta tijekom istraživanja.

Brojnosti riba u jezerima i u mezokozmosu MR kretale su se u rasponu od 5 do 30 jedinki CPUE. U jezeru S2 zabilježena je veća ukupna brojnost riba i njihova manja biomasa u odnosu na postaje jezera S1, međutim te vrijednosti nisu bile statistički značajne (Mann-Whitney U test; $p > 0,05$; Slike 13 i 14).

Tablica 10. Raznolikost riba i njihove funkcionalne prehrambene skupine na istraživanim lokalitetima.

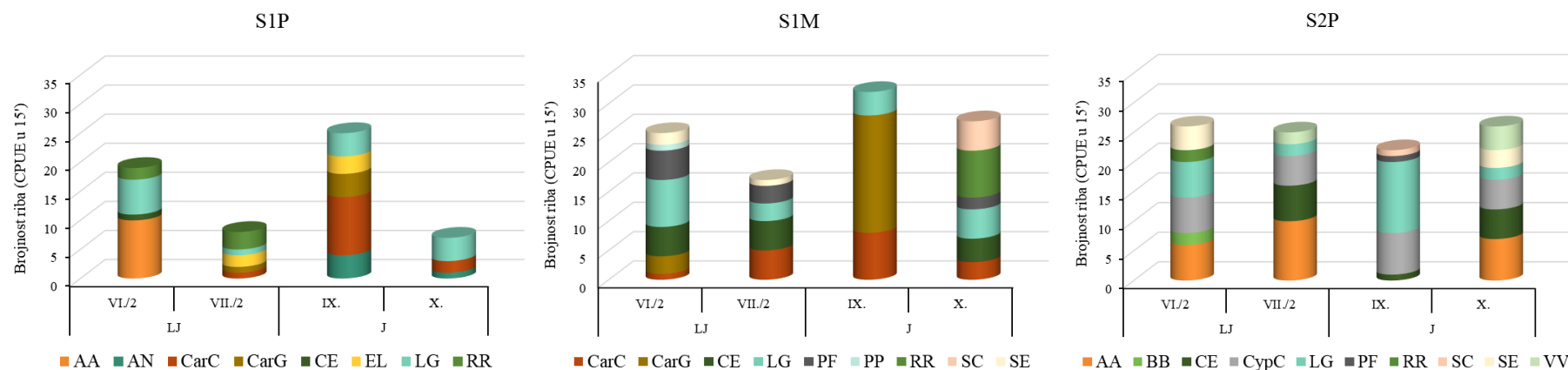
Prehrambena skupina	Porodica	Zabilježene vrste (hrv. i lat. naziv te dodijeljene kratice)	Planktivori	
			Odrasle ribe	Mlađ
Omnivori	šarani (Cyprinidae)	Babuška (<i>Carassius gibelio</i> (Bloch, 1782)) – CarG	✓	✓
	šarani (Cyprinidae)	Crvenperka (<i>Scardinius erythrophthalmus</i> (Linnaeus, 1758)) – SE	✓	✓
	šarani (Cyprinidae)	Klen (<i>Squalius cephalus</i> (Linnaeus, 1758)) – SC	✓	✓
	sjevernoamerički somovi (Ictaluridae)	Patuljasti somić (<i>Ameiurus nebulosus</i> (Lesueur, 1819)) – AN	✓	✓
	šarani (Cyprinidae)	Zlatni karas (<i>Carassius carassius</i> (Linnaeus, 1758)) – CacC	✓	✓
Bentivori	šarani (Cyprinidae)	Krupatica (<i>Blicca bjoerkna</i> (Linnaeus, 1758)) – BB		✓
	šarani (Cyprinidae)	Šaran (<i>Cyprinus carpio</i> Linnaeus, 1758) – CypC		✓
	vijuni (Cobitidae)	Vijun (<i>Cobitis elongata</i> Heckel & Kner, 1858) – CE		
Herbivori / invertivori	šarani (Cyprinidae)	Bodorka (<i>Rutilus rutilus</i> (Linnaeus, 1758)) – RR	✓	✓
Invertivori	šarani (Cyprinidae)	Bezribica (<i>Pseudorasbora parva</i> (Temminck & Schlegel, 1846)) – PP	✓	✓
	šarani (Cyprinidae)	Nosara (<i>Vimba vimba</i> (Linnaeus, 1758)) – VV		
	šarani (Cyprinidae)	Obična uklija (<i>Alburnus alburnus</i> (Linnaeus, 1758)) – AA		✓
	sunčanice (Centrarchidae)	Sunčanica (<i>Lepomis gibbosus</i> (Linnaeus, 1758)) – LG	✓	✓
Invertivori / piscivori	grgeči (Percidae)	Grgeč (<i>Perca fluviatilis</i> Linnaeus, 1758) – PF		✓
Piscivori	štuke (Esocidae)	Štuka (<i>Esox lucius</i> Linnaeus, 1758) – SE		✓

U jezeru S1 je početkom jeseni zabilježena najveća brojnost riba u pelagijalu i u litoralu s makrofitima (Slika 13). U pelagijalu jezera S1 (S1P) početkom ljeta zabilježena je najveća brojnost obične uklje (*Alburnus alburnus*), a početkom jeseni zlatnog karasa (*Carassius carassius*). Piscivorna štuka (*Esox lucius*) je zabilježena u pelagijalu jezera S1 krajem ljeta i početkom jeseni (Slika 13). U pojasu makrofita (S1M) zabilježena je povećana brojnost

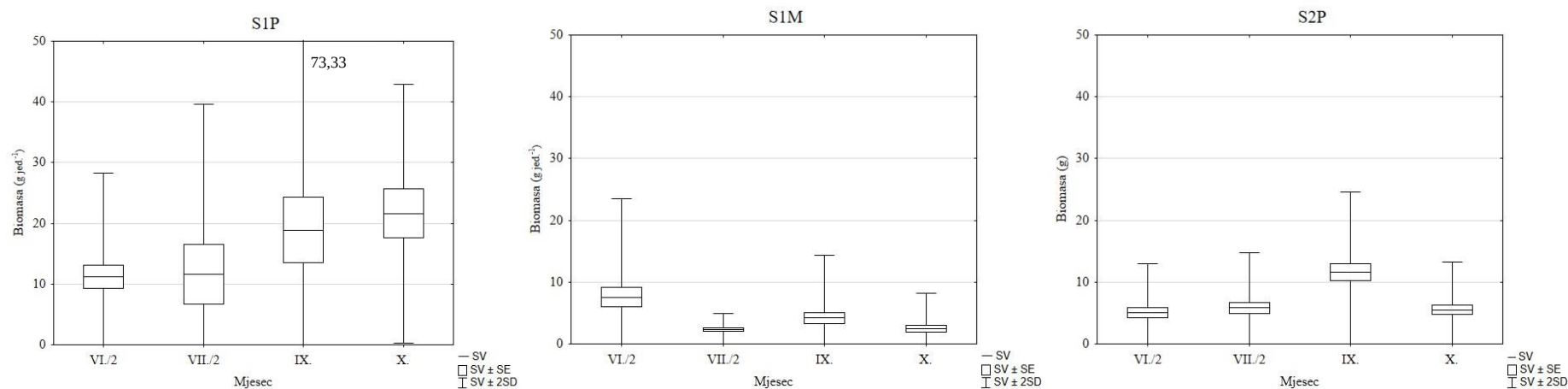
babuške (*Carassius gibelio*) i veća ukupna brojnost riba u odnosu na S1P, međutim ove vrijednosti nisu bile statistički značajne (Mann-Whitney U test; $p > 0,05$). U jezeru S1 najbrojnije su bile jedinke II. veličinske kategorije, od 5 – 10 cm (Slika 15). Najmanje jedinke riba (< 5 cm) su bile brojnije unutar sastojina makrofita, S1M, nego u pelagijalu, S1P (Mann-Whitney U test; $n = 8$, $Z = -2,02$, $p = 0,04$), a jedinke veće od 10 cm (III. veličinska kategorija) su bile brojnije pelagijalu (Mann-Whitney U test; $n = 8$, $Z = 1,73$, $p = 0,05$). U pelagijalu jezera S1 prosječna biomasa riba se povećavala od početka ljeta (11 ± 9 g jed.⁻¹) prema jeseni (22 ± 11 g jed.⁻¹). Unutar sastojine makrofita (S1M) je trend bio suprotan, najveća biomasa je zabilježena početkom ljeta (7 ± 8 g jed.⁻¹) te se s porastom pokrovnosti makrofita smanjila i kretala oko 3 ± 6 g jed.⁻¹ (Slika 14). Općenito, prosječna duljina i prosječna biomasa riba je bila veća u pelagijalu nego unutar pojasa makrofita (za oba čimbenika Mann-Whitney U test; $n = 8$, $Z = 2,16$, $p = 0,03$). Veća brojnost riba I. veličinske kategorije zabilježena je u uvjetima većih vrijednosti TSI ($r = 0,456$, $p < 0,05$).

Šaran (*Cyprinus carpio*) je bio prisutan samo u jezeru S2 i njegova se brojnost kretala do 5 jedinki CPUE tijekom istraživanja. Sunčanica (*Lepomis gibbosus*) je bila najbrojnija vrsta u jezeru S2 početkom jeseni (12 CPUE). U pelagijalu jezera S2, prevladavale su također, kao i u S1, ribe II. veličinske kategorije (Slika 15), a najmanja brojnost zabilježena je za jedinke I. veličinske kategorije. U jezeru S2 (S2P) zabilježena veća prosječna duljina riba u odnosu na S1 (Mann-Whitney U test; $n = 8$, $Z = 2,16$, $p = 0,03$). Prosječna biomasa riba u jezeru S2 se povećavala od početka ljeta prema jeseni i kretala se u rasponu od 5 ± 4 do najveće vrijednosti od 12 ± 6 g jed.⁻¹ početkom jeseni.

Rezultati uzorkovanja na postajama vezanim uz *in situ* pokus ukazivali su na veće vrijednosti brojnosti, biomase i prosječne duljine riba na kontrolnoj točki K u odnosu na mezokozmos MR, ali razlike nisu bile značajne (Mann-Whitney U test; $p > 0,05$). Na kontrolnoj točki i u mezokozmosu MR sunčanica (*Lepomis gibbosus*) je bila najbrojnija (brojnost se kretala oko 4 jedinke CPUE; Slika 16). Prosječna biomasa riba je bila veća početkom jeseni (MR_{IX}. 22 ± 11 g jed.⁻¹; K_{IX}. 11 ± 4 g jed.⁻¹). U mezokozmosu MR su, kao i u pelagijalu jezera S2, bile najbrojnije ribe II. veličinske kategorije. Na kontrolnoj točki su početkom jeseni brojnije bile ribe III. veličinske kategorije (> 10 cm). Na kontrolnoj točki i u mezokozmosu MR nisu zabilježene ribe I. veličinske kategorije (Slika 18).



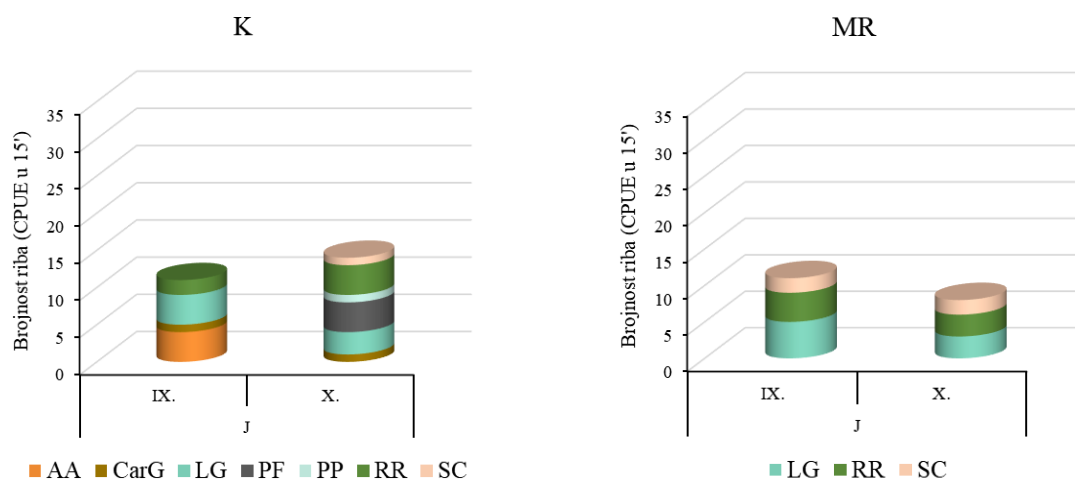
Slika 13. Ukupna brojnost i brojnost vrsta riba na postajama u jezerima S1 i S2. Kratice naziva vrsta navedene su u Tablici 10.



Slika 14. Prosječna biomasa riba na postajama u jezerima S1 i S2.

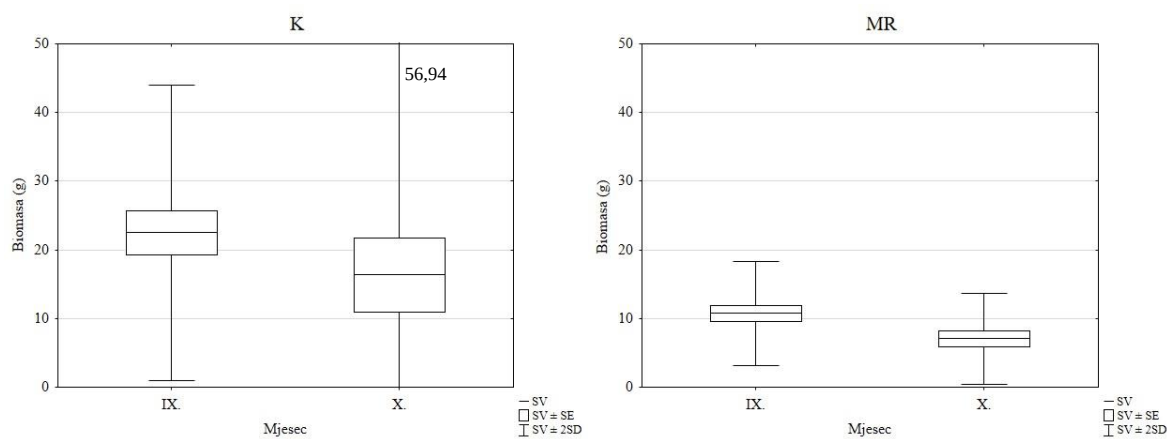


Slika 15. Brojnost veličinskih kategorija riba na postajama u jezerima S1 i S2.

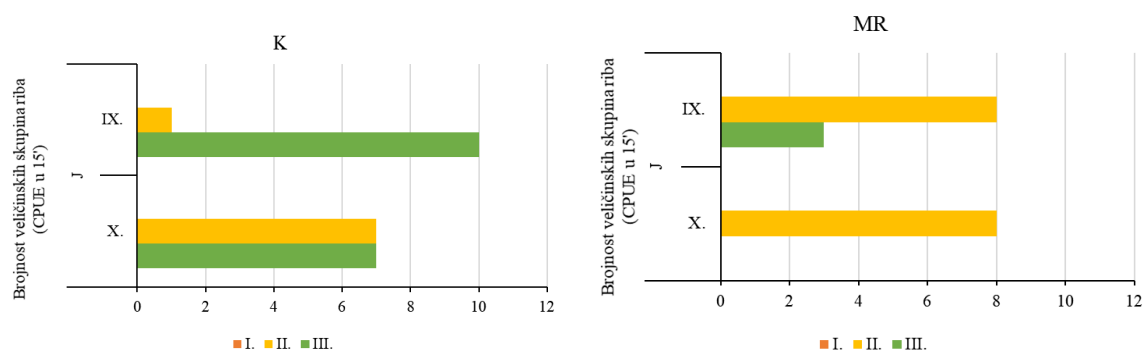


Slika 16. Ukupna brojnost i brojnost vrsta riba na kontrolnoj točki i u mezokozmosu MR.

Kratice naziva vrsta navedene su u Tablici 10.



Slika 17. Prosječna biomasa riba na kontrolnoj točki i u mezokozmosu MR.



Slika 18. Brojnost veličinskih kategorija riba na kontrolnoj točki i u mezokozmosu MR.

5.3 Struktura zooplanktona

Istraživanje zooplanktona u plitkim eutrofnim jezerima uključivalo je razmatranja prostornih i sezonskih varijacija raznolikosti, brojnosti, biomase, funkcionalnih prehrambenih skupina, veličinske strukture i fekunditeta zooplanktona. Sezonske razlike funkcionalnih obilježja zooplanktona su bile rijetke te su uglavnom ukazivale na veće vrijednosti u ljetnom razdoblju (Tablica 11).

Tablica 11. Značajne sezonske razlike obilježja strukture zooplanktona (Kruskal-Wallis test $H_{(3, 67)}$ i *post hoc* test višestruke usporedbe; $p < 0,05$). Kratice trofičkih skupina zooplanktona: Ma – makrofiltratori, Mi – mikrofiltratori, P – predatori. Kratice sezona: P – proljeće, LJ – ljeto, J – jesen.

Obilježja strukture zooplanktona	H	Višestruka usporedba
Raznolikost kolnjaka	8,01	LJ > P
Raznolikost veslonožaca	9,80	J > LJ
Brojnost veslonožaca	16,47	LJ > J
Biomasa veslonožaca Ma	6,04	J > LJ
Biomasa veslonožaca Mi	12,46	LJ > J
Biomasa kolnjaka P	13,61	J > P, LJ
Ukupna biomasa zooplanktona	6,13	LJ > P, J
Brojnost II. vel. kat. (kolnjaci i veslonošci – naupliji)	6,07	LJ > P
Brojnost veslonožaca III. vel. kat.	6,11	J > LJ
Brojnost ženki s jajima – veslonošci	8,27	LJ > P

5.3.1 Raznolikost zooplanktona

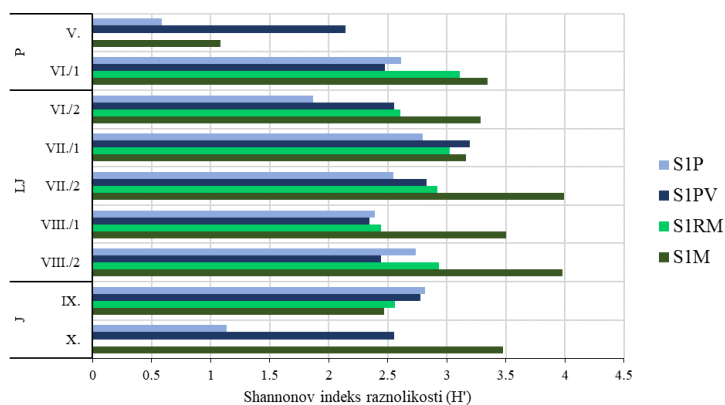
5.3.1.1 Jezera S1 i S2

Tijekom istraživanja zabilježeno je ukupno 100 vrsta zooplanktona. Kolnjaci su najviše pridonijeli raznolikosti sa 79 vrsta, rašljoticalaca je zabilježeno 18 vrsta, a veslonožaca 3 vrste. Vrijednost Shannonovog indeksa ukupne raznolikosti te raznolikosti kolnjaka i rašljoticalaca su bile veće u jezeru S1 u odnosu na jezero S2 (Tablica 12). Raznolikost kolnjaka je bila značajno veća u ljetnom u odnosu na proljetno razdoblje, a veslonožaca u jesenskom u odnosu na ljetno razdoblje (Tablica 11).

Tablica 12. Značajne razlike Shannonovog indeksa raznolikosti između jezera S1 i S2 (Mann-Whitney U test, $n = 52$, $p < 0,05$).

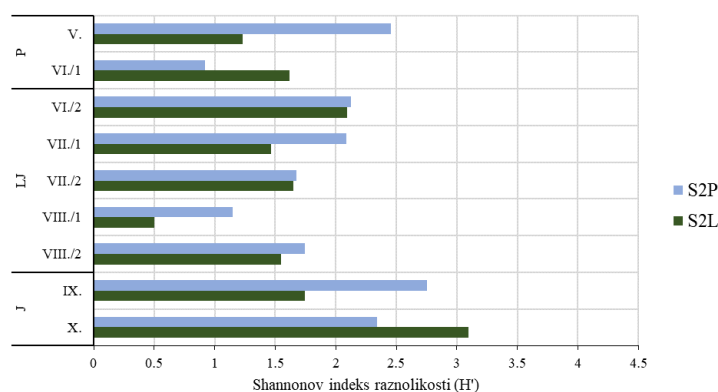
Shannonov indeks raznolikosti	Z (S1 – S2)	p
H' zooplankton	4,01	0,0001
H' kolnjaci	2,47	0,01
H' rašljoticalci	2,75	0,01

Postaje jezera S1 međusobno su se razlikovale s obzirom na vrijednost Shannonovog indeksa raznolikosti (Kruskal-Wallis test $H_{(3, 34)} = 10,35$; $p = 0,02$) te je veća vrijednost raznolikosti zooplanktona bila unutar pojasa makrofita, S1M, u odnosu na pelagijal, S1P (*post hoc* test višestruke, $p < 0,05$). Na postaji S1M vrijednosti Shannonovog indeksa bile su izrazito visoke ($3,1 \pm 0,9$), a tijekom ljetnog razdoblja na ovoj su postaji zabilježene najviše vrijednosti raznolikosti zooplanktona u jezeru S1 ($H'_{VII/2} = 3,99$; Slika 19). Također, raznolikost zooplanktona, kao i zasebno kolnjaka i rašljoticalaca, je bila značajno veća na postaji S1M u odnosu na obje postaje u jezeru S2 (Kruskal-Wallis test $H_{(5, 52)} = 13,5 - 39,5$; $p < 0,05$). Najmanje vrijednosti Shannonovog indeksa u jezeru S1 zabilježene su u pelagijalu, S1P ($2,2 \pm 0,8$), s najmanjom vrijednošću zabilježenom na početku istraživanja ($H'_V = 0,59$). Najveća raznolikost vrsta na ovoj je postaji bila početkom jeseni ($H'_{IX} = 2,81$), kad je na ostalim postajama u jezeru S1 zabilježeno smanjenje raznolikosti. Vrijednosti Shannonovog indeksa raznolikost kolnjaka i veslonožaca između postaja u jezeru S1 se nisu značajno razlikovale (Kruskal-Wallis test, $p > 0,05$), dok su rašljoticalci postigli znatno veću raznolikost na postajama S1M i S1RM u litoralu u odnosu na pelagijal (Kruskal-Wallis test $H_{(3, 34)} = 24,23$; $p = 0,0001$).



Slika 19. Sezonske promjene Shannonovog indeksa raznolikosti zooplanktona na postajama jezera S1.

U jezeru S2 raznolikost zooplanktona i pojedinih skupina zooplanktona nisu se značajno razlikovale između postaja S2P i S2L (Mann Whitney U test, $n = 18$, $p > 0,05$). Vrijednosti Shannonovog indeksa u jezeru S2 bile su značajno niže u odnosu na S1 (Tablica 12) te su uglavnom iznosile od 1 do 2, a najveće vrijednosti na obje postaje zabilježene su u jesenskom razdoblju (Slika 20).



Slika 20. Sezonske promjene Shannonovog indeksa raznolikosti vrsta zooplanktona na postajama jezera S2.

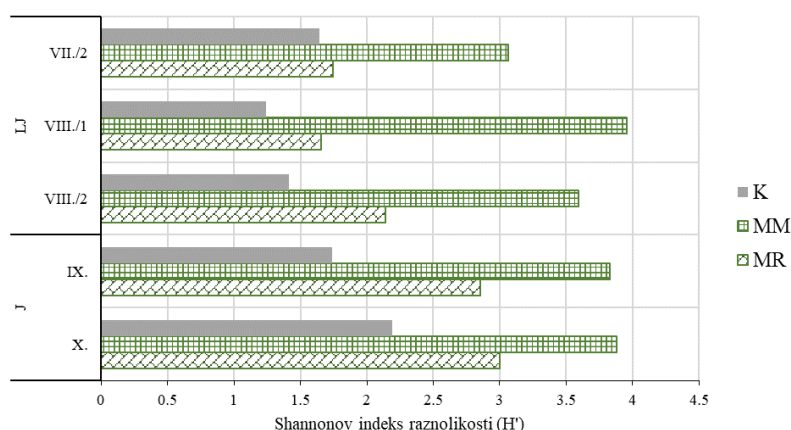
U jezerima S1 i S2, eukonstantne vrste kolnjaka su bile *Keratella cohlearis* (Gosse, 1851) (87 %), *Trichocerca similis* (Wierzejski, 1893) (77%) i *Keratella quadrata* (Müller, 1786) (75 %), konstantne *Asplanchna priodonta* Gosse, 1850 (69 %), vrste roda *Polyarthra* spp. (65 %) i *Filinia longiseta* (Ehrenberg, 1834) (65 %), 12 vrsta akcesornih, a čak 48 vrsta kolnjaka (77% zabilježenih vrsta kolnjaka) su bile rijetke (Prilog B, Prilog C, Prilog D, Prilog E, Prilog F, Prilog G). Veslonošci su bili zastupljeni eukonstantnom vrstom *Macrocyclus albidus* (Jurine, 1820) (88 %). Ličinački stadiji veslonožaca su bili vrlo učestali tijekom istraživanja na svim postajama, naupliji je bio eukonstantan (100 %), a kopepodit konstantan (65 %). *Bosmina longirostris* (O. F. Müller, 1776) je bila jedina eukonstantna vrsta rašljoticalaca (85 %), dok su preostalih 17 vrsta, ili 94% zabilježenih vrsta rašljoticalaca, bile rijetke.

5.3.1.2 Mezokozmosi i kontrolna točka unutar jezera S2

Raznolikost zooplanktona u mezokozmosu MM ($3,7 \pm 0,4$) je bila veća u odnosu na raznolikosti u mezokozmosu MR ($2,3 \pm 0,6$) i kontrolnu točku, K ($1,6 \pm 0,4$), kao i raznolikost rašljoticalaca u odnosu na mezokozmos MR. U mezokozmosima je raznolikost kolnjaka i rašljoticalaca bila veća u odnosu na kontrolnu točku (Tablica 13).

Tablica 13. Značajne razlike Shannonovog indeksa raznolikosti u mezokozmosima (MM i MR) i kontrolnoj točki (K) (Mann-Whitney U test, $n = 10$, $p < 0,05$).

Shannonov indeks raznolikosti	Z (MM – MR)	Z (MM – K)	Z (MR – K)
H' zooplankton	2,51	2,51	
H' kolnjaci		2,51	2,31
H' rašljoticalci	2,51	2,51	2,51



Slika 21. Sezonske promjene Shannonovog indeksa raznolikosti vrsta zooplanktona u mezokozmosima i na kontrolnoj točki K.

U mezokozmosima MM i MR tijekom 110 dana pokusa eukonstantne vrste kolnjaka bile su *Lecane lunaris* (Ehrenberg, 1832) (100 %), skupina Bdelloidea (100 %), *Pompholyx sulcata* Hudson, 1885 (90 %), *Trichocerca similis* (80 %), rod *Polyarthra* (80 %), *Ascomorpha saltans* Bartsch, 1870 (80 %) i *Gastropus styliifer* Imhof, 1891 (80 %; Prilog I, Prilog J). Osam vrsta kolnjaka su bile konstantne, 2 akcesorne, a preostale 44, ili 70 % nađenih vrsta kolnjaka, rijetke. U mezokozmosima su *Macrocyclops albidus* (90 %) i *Macrocyclops fuscus* (Jurine, 1820) (80 %) bile eukonstantne vrste veslonožaca, dok su oba ličinačka stadija bila eukonstantna (nauplij 100 %, kopepodit 80 %). Kao i u jezerima, *Bosmina longirostris* je bila eukonstantna vrsta rašljoticalaca (100 %). Konstantne vrste rašljoticalaca u mezokozmosima su bile i *Ceriodaphnia quadrangula* (O. F. Müller, 1785) (70 %), *Scapholeberis mucronata* (O. F. Müller, 1776) (70 %), *Simocephalus vetulus* (O. F. Müller, 1776) (60 %) i *Pleuroxus truncatus* (O. F. Müller, 1785) (50 %), 5 vrsta su bile akcesorne, a samo 6 vrsta rijetke.

5.3.1.3 Interakcije vrijednosti Shannonovog indeksa raznolikosti i čimbenika okoliša

Prisutnost makrofita i veća raspoloživost suspendirane organske tvari, kao izvora hrane, pozitivno su utjecale na raznolikost zooplanktona, kolnjaka i rašljoticalaca (Tablica 14). U uvjetima većeg udjela prozirnog stupca vode zabilježena je veća raznolikost rašljoticalaca. Povećanje koncentracije nitrata je negativno utjecalo na raznolikost zooplanktona i rašljoticalaca, dok su koncentracije ortofosfata pozitivno utjecale na raznolikost kolnjaka (Tablica 14).

Tablica 14. Značajne korelacije čimbenika okoliša i Shannonovog indeksa raznolikosti (H') (Spearmanov koeficijent korelacije r , $n = 67$, $p < 0,05$)

Čimbenik okoliša	Pokrovnost makrofita (%)	Udio prozirnog stupca vode (%)	El. vodljivost. ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	Ortofosfati ($\text{mg P-PO}_4^{3-} \text{ L}^{-1}$)	Nitrati ($\text{mg N-NO}_3^- \text{ L}^{-1}$)	POM (mg AFDM L^{-1})
H' zooplankton	0,63		−0,50		−2,27	0,59
H' kolnjaci	0,66		−0,39	0,29		0,58
H' rašljoticalci	0,59	0,31	−0,33		−0,26	0,58

Porastom prosječne biomase i duljine jedinki te brojnosti većih riba (> 10 cm, III. veličinska kategorija) smanjila se raznolikost ukupnog zooplanktona, kolnjaka i rašljoticalaca. Porast brojnosti malih riba (< 5 cm, I. veličinska kategorija) je povezan s povećanjem raznolikosti rašljoticalaca (Tablica 15).

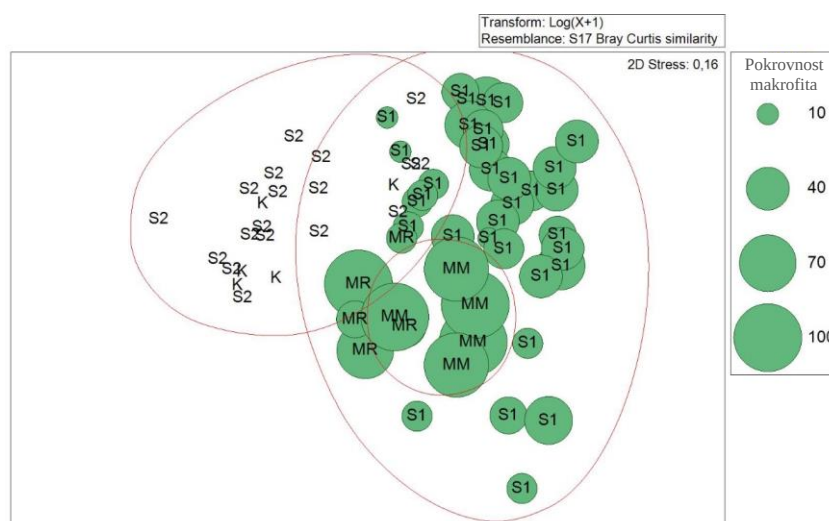
Tablica 15. Značajne korelacije obilježja ihtiofaune i Shannonovog indeksa raznolikosti (H') (Spearmanov koeficijent korelacije r , $n = 29$, $p < 0,05$)

Obilježja ihtiofaune	Prosječna biomasa jedinki riba (g jed.^{-1})	Prosječna duljina jedinki riba	Br. riba I. vel. kat.	Br. riba III. vel. kat.
H' zooplankton	−0,45	−0,45		−0,47
H' kolnjaci	−0,55	−0,54		−0,54
H' rašljoticalci	−0,67	−0,69	0,42	−0,64

5.3.2 Brojnost zooplanktona

Ukupna brojnost zooplanktona (Mann-Whitney U test, $n = 52$, $Z = 3,36$, $p < 0,05$), kao i brojnost kolnjaka (Mann-Whitney U test, $n = 52$, $Z = 4,84$, $p < 0,05$) bile su veće u jezeru s makrofitima (S1) u odnosu na u jezero bez makrofita (S2), dok je brojnost rašljoticalaca bila veća u jezeru S2 (Mann-Whitney U test, $n = 52$, $Z = -2,62$, $p < 0,05$). Brojnosti kolnjaka i veslonožaca značajno su određivale oscilacije ukupne brojnosti zooplanktona ($r = 0,672$, odnosno $r = 0,573$, $p < 0,05$). Promjene brojnosti veslonožaca su pokazivale značajan sezonski trend s većim vrijednostima u ljetnom razdoblju (Kruskal-Wallis test, $p < 0,05$; Tablica 11).

ANOSIM analiza koja je uključivala brojnosti vrsta s dominacijom većom od 10 % je na razini sličnosti sastava zooplanktona od 40 % (Bray-Curtis indeks sličnosti) ukazala na razdvajanje postaja bez makrofita u jezeru S2 u odnosu na postaje jezera S1 i oba mezokozmosa s većom pokrovnosti makrofita. Rezultati analize ukazuju na značajne razlike u sastavu zooplanktona između jezera ($R = 0,573$, $p = 0,001$), dok se mezokozmosi međusobno nisu značajno razlikovali ($R = 0,264$, $p = 0,079$; Slika 22). U odnosu na kontrolnu točku K, utvrđene su razlike u sastavu zooplanktona s oba mezokozmosa, manje u mezokozmosu MR ($R = 0,452$, $p = 0,024$) nego u mezokozmosu MM u kome je sastav zooplanktona bio bitno različit ($R = 0,788$, $p = 0,016$). Kao što je uočljivo na Slici 22. sastav zooplanktona u jezeru S1 bio je sličniji onome u mezokozmosu MM ($R = 0,313$, $p = 0,017$) nego u mezokozmosu MR ($R = 0,417$, $p = 0,005$), dok je u jezeru S2 bio sličniji sastavu zooplanktona u mezokozmosu s prisutnom predacijom riba MR ($R = 0,313$, $p = 0,04$) nego u mezokozmosu bez predacije riba MM ($R = 0,622$, $p = 0,001$).



Slika 22. Udruživanje postaja temeljem brojnosti i raznolikosti zooplanktona (NMDS temeljem Bray-Curtis indeksa sličnosti).

5.3.2.1 Sastav zooplanktona u jezeru S1

U jezeru S1, sa submerznim makrofitima, ukupna brojnost zooplanktona na pojedinoj postaji kretala od nekoliko stotina do više tisuća jed. u L^{-1} (Slika 23, Prilog B, Prilog C, Prilog D, Prilog E). Postaje jezera S1 se nisu međusobno razlikovale u odnosu na ukupnu brojnost zooplanktona niti brojnost pojedinih skupina zooplanktona (Kruskal-Wallis test, $p > 0,05$). U omjeru udjela brojnosti skupina zooplanktona u jezeru S1 ističu se kolnjaci u odnosu na veslonošce i rašljoticalce 75 % : 20 % : 5 %. Na svim postajama u jezeru S1 najmanja ukupna brojnost zooplanktona zabilježena je krajem proljeća, dok su najviše brojnosti na svim postajama jezera S1 uglavnom postignute u kasnoj ljetnoj razdoblju (Slika 23). U površinskom sloju pelagijala (S1P), zabilježene su tri izrazito visoke brojnosti zooplanktona: na početku istraživanja, u proljeće (S1P_V, 6471 ± 1785 jed. L^{-1}), početkom ljeta (S1P_{VI./2}, 8478 ± 2432 jed. L^{-1}) te najviša kasnije u ljetnom razdoblju (S1P_{VIII./1}, 9497 ± 124 jed. L^{-1}). Sličan trend, s dva ljetna porasta brojnosti, zabilježen je i na vertikalnom profilu pelagijala, u pridnenom sloju (S1PV), gdje je na početku ljeta (VI./2) ukupna brojnost iznosila 7666 ± 705 jed. L^{-1} , a kasnije (VIII./1) u ljetnom razdoblju 9497 ± 124 jed. L^{-1} . Udaljavanjem od pelagijala, na litoralnim postajama S1RM i S1M, trend se mijenja i izostaje porast brojnosti početkom ljeta. Na obje postaje su velike ukupne brojnosti zooplanktona zabilježene kasnije u ljetnom razdoblju (S1RM_{VIII./1}, 8594 ± 642 jed. L^{-1} ; S1M_{VIII./1}, 5559 ± 533 jed. L^{-1}), iako je unutar pojasa submerznih makrofita (S1M) najviša vrijednost ukupne brojnosti zooplanktona zabilježena na početku istraživanja, u proljeće (S1M_V, 6112 ± 1745 jed. L^{-1}).

Opisani trendovi u bazenu S1 posljedica su promjena brojnosti kolnjaka, koji su bili najbrojnija skupina u bazenu S1 ($r = 0,718$, $p < 0,05$, Slika 23). Najbrojnija vrsta u proljetnom razdoblju bila je *K. cochlearis* (S1P_V, 5965 ± 1608 jed. L^{-1} ; S1PV_V, 1429 ± 115 jed. L^{-1} ; S1M_V, 5248 ± 1553 jed. L^{-1}), kao i tijekom porasta brojnosti početkom ljeta u pelagijalu (S1P_{VI./2}, 5473 ± 1622 jed. L^{-1} ; S1PV_{VI./2}, 3863 ± 334 jed. L^{-1}). Njen udio u ukupnoj brojnosti zooplanktona je na početku istraživanja iznosio 56 – 92 %, a početkom ljeta u pelagijalu 50 – 65 %. Porastu brojnosti zooplanktona u pelagijalu, u drugoj polovini ljeta, najviše su doprinijele vrste *Trichocerca similis* (S1P_{VIII./1}, 3445 ± 129 jed. L^{-1} ; S1PV_{VIII./1}, 3445 ± 129 jed. L^{-1} ; S1RM_{VIII./1}, 2693 ± 215 jed. L^{-1}), *Anuraeopsis fissa* (S1P_{VIII./1}, 3098 ± 480 jed. L^{-1} ; S1PV_{VIII./1}, 3098 ± 480 jed. L^{-1} ; S1RM_{VIII./1}, 3326 ± 27 jed. L^{-1}) i vrste roda *Polyarthra* (S1P_{VIII./1}, 978 ± 232 jed. L^{-1} ; S1PV_{VIII./1}, 1080 ± 368 jed. L^{-1} ; S1RM_{VIII./1}, 972 ± 37 jed. L^{-1}). Udio *T. similis* u ukupnoj brojnosti zooplanktona na postajama u pelagijalu tijekom kasnoj ljetnog porasta brojnosti iznosio je 31 – 41 %, *A. fissa* 29 – 39 %, a jedinki roda *Polyarthra* 10 – 11 %. U litoralu, S1M,

kasnojletnom porastu brojnosti najviše su doprinijele litoralne vrste *Lecane lunaris* ($S1M_{VIII/1}$ 1702 ± 66 jed. L^{-1}) i *Colurella uncinata* (Müller, 1773) ($S1M_{VIII/1}$ 811 ± 70 jed. L^{-1}) te planktonska *A. fissa* ($S1M_{VIII/1}$ 704 ± 253 jed. L^{-1}) koje su imale udio u ukupnoj brojnosti zooplanktona na postaji S1M 12 % (*A. fissa*) – 31 % (*L. lunaris*).

Brojnosti veslonožaca bile su višestruko manje u odnosu na kolnjake te uglavnom nisu bile veće od oko 1000 jed. L^{-1} . U jezeru S1 veslonošci su postigli najveće brojnosti tijekom ljetnog razdoblja. U pelagijalu su dominirali naupliji, a odrasle jedinke vrste *Macrocylops albidus* su bile najbrojnije početkom ljeta ($S1P_{VI/2}$ 280 ± 91 jed. L^{-1} , $S1PV_{VI/1}$ 577 ± 165 jed. L^{-1}). Na prijelazu u pojas makrofita, S1RM, također su prevladali naupliji. Na postaji S1M vrsta *Macrocylops fuscus* je bila najbrojnija početkom srpnja ($S1M_{VII/1}$ 277 ± 49 jed. L^{-1}), a *M. albidus* krajem ljeta ($S1M_{VIII/2}$ 387 ± 82 jed. L^{-1}).

Rašljoticalci su u jezeru S1 bili najmanje brojna skupina zooplanktona te njihove brojnosti uglavnom nisu bile veće od 500 jed. L^{-1} . Na pelagijalnim postajama S1P i S1PV bili su prisutni samo s vrstom *Bosmina longirostris*. Najniže brojnosti rašljoticalaca na svim postajama jezera S1 zabilježene su u drugoj polovini ljeta (Slika 23). Na postaji S1P *B. longirostris* je najveću brojnost postigla u drugoj polovini ljeta ($S1P_{VIII/1}$ 96 ± 24 jed. L^{-1}), a na S1PV na početku istraživanja ($S1PV_V$ 525 ± 146 jed. L^{-1}). U litoralu jezera S1, rašljoticalci su bili najbrojniji početkom ljeta na postaji S1RM ($S1RM_{VI/2}$ 88 ± 54 jed. L^{-1}) čemu je 67 % doprinijela vrsta *Ceriodaphnia reticulata* (Jurine, 1820), a na postaji S1M na početku istraživanja ($S1M_V$ 161 ± 48 jed. L^{-1}) s najvećim doprinosom (55 %) vrste *Alonella excisa* (Fischer, 1854).

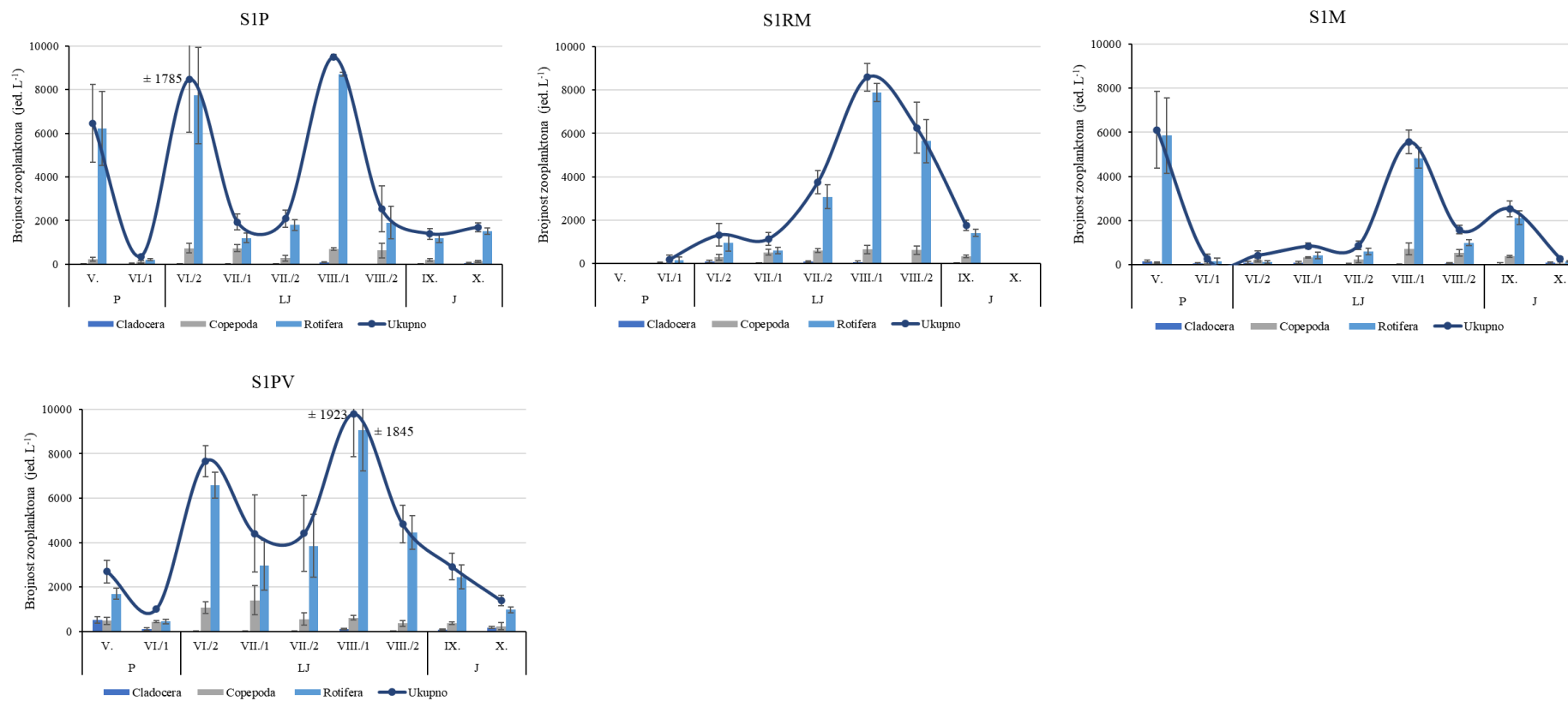
5.3.2.2 Sastav zooplanktona u jezeru S2

Na postajama u jezeru S2, zabilježen je sličan trend oscilacija ukupne brojnosti zooplanktona kao i u jezeru S1, iako je bila višestruko niža u odnosu na S1 (Prilog F, Prilog G). Visoke brojnosti zooplanktona zabilježene su početkom istraživanja ($S2P_V$ 1589 ± 567 jed. L^{-1} ; $S2L_V$ 5037 ± 1086 jed. L^{-1}) te s porastom brojnosti u drugoj polovini ljeta u rasponu od oko 1500 do 2000 jed. L^{-1} (Slika 24, Prilog F, Prilog G). Postaje jezera S2 nisu se međusobno značajno razlikovale u odnosu na ukupnu brojnost zooplanktona niti brojnost pojedinih skupina zooplanktona (Mann-Whitney U test, $p > 0,05$). Omjer udjela brojnosti kolnjaka, veslonožaca i rašljoticalaca u jezeru S2 ukazuje na dominaciju veslonožaca, a iznosio je oko 25 % : 47 % : 28 %.

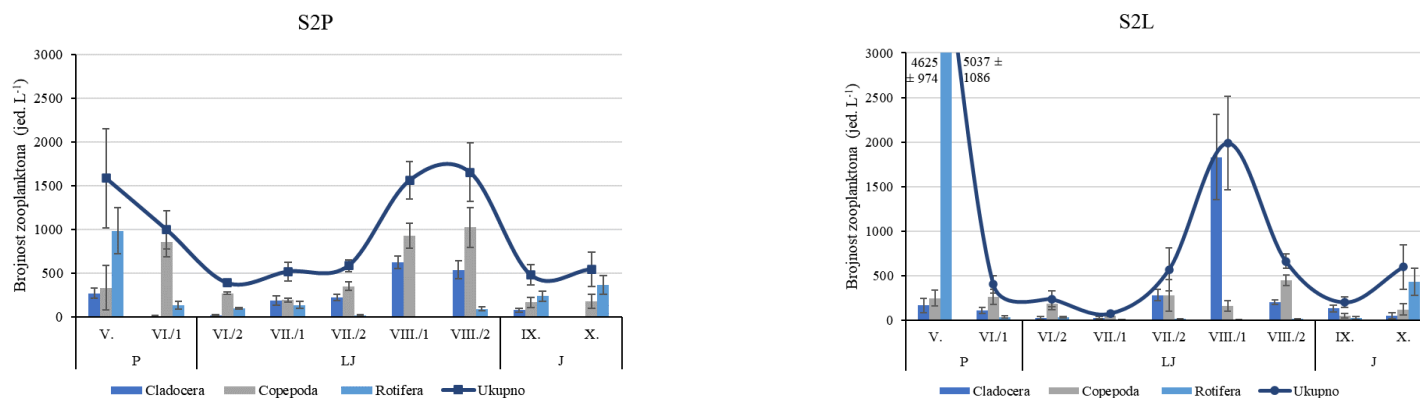
Kolnjaci su u jezeru S2 najviše pridonijeli proljetnom maksimumu zooplanktona, a u sastavu je dominirala vrsta *K. cochlearis* (S2P_V. 572 ± 140 jed. L⁻¹; S2L_V. 3997 ± 762 jed. L⁻¹), s udjelom u ukupnoj brojnosti zooplanktona 36 – 79 %.

U pelagijalu jezera S2 veslonošci su bili najbrojnija skupina krajem proljeća (S2P_{VI./1} 855 ± 168 jed. L⁻¹) te tijekom porasta brojnosti u drugoj polovini ljeta (S2P_{VIII./1} 930 ± 143 jed. L⁻¹; S2P_{VIII./2} 1024 ± 228 jed. L⁻¹), čemu je najviše doprinijela brojnost nauplija. Populacija vrste *M. albidus* je bila najbrojnija početkom istraživanja (S2P_V. 244 ± 235 jed. L⁻¹). U litoralu jezera S2 su veslonošci bili najbrojniji krajem ljeta (S2L_{VIII./2} 448 ± 60 jed. L⁻¹), također s dominacijom nauplija.

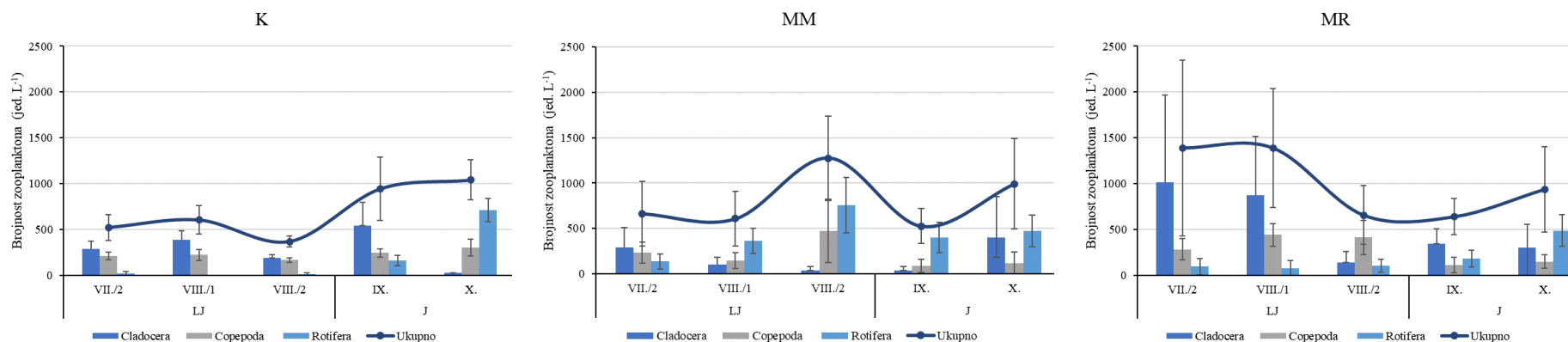
Rašljoticalac *B. longirostris* je bila jedina zabilježena vrsta rašljoticalaca na postaji S2P i dominantna vrsta na postaji S2L, a bila je najbrojnija u drugoj polovini ljeta (S2P_{VIII./1} 629 ± 72 jed. L⁻¹; S2L_{VIII./1} 1830 ± 478 jed. L⁻¹).



Slika 23. Sezonske promjene ukupne brojnosti i brojnost pojedinih skupina zooplanktona ($\text{SV} \pm \text{SD}$) na postajama u jezeru S1.



Slika 24. Sezonske promjene ukupne brojnosti i brojnost pojedinih skupina zooplanktona ($SV \pm SD$) na postajama u jezeru S2.



Slika 25. Sezonske promjene ukupne brojnosti i brojnost pojedinih skupina zooplanktona ($SV \pm SD$) u mezokozmosima i kontrolnoj točki.

5.3.2.3 Sastav zooplanktona u mezokozmosima i na kontrolnoj točki unutar jezera S2

Za usporedbu zooplanktona u mezokozmosima odabrana je kontrolna točka (K) sličnih okolišnih uvjeta u neposrednoj blizini pokusa. Ukupna brojnost zooplanktona u mezokozmosima MM i MR bila je značajno niža u odnosu na postaje u S1 (Mann-Whitney U test, $n = 10$, $Z = -2,33$ do $-2,51$, $p < 0,05$). Brojnost kolnjaka je u oba mezokozmosa MM i MR bila niža u odnosu na postaje u S1 (Mann-Whitney U test, $n = 10$, $Z = -2,51$ do $-2,09$, $p < 0,05$), dok je brojnost rašljoticalaca u MR bila veća nego na postajama u S1 (Mann-Whitney U test $n = 10$, $Z = 2,30$ do $2,51$, $p < 0,05$). Ukupna brojnost zooplanktona i brojnost pojedinih skupina nije se značajno razlikovala između mezokozmosa MM i MR, kao i u odnosu na kontrolnu točku K (Mann-Whitney U test, $p > 0,05$).

Ukupna brojnost zooplanktona u kontrolnoj točki (K) bila je najveća u jesenskom razdoblju (K_{IX} . 944 ± 346 jed. L^{-1} ; K_X . 1041 ± 217 jed. L^{-1}), a najmanja krajem ljeta ($K_{VIII./2}$ 368 ± 62 jed. L^{-1} , Slika 25, Prilog H). Omjer udjela brojnosti kolnjaka, veslonožaca i rašljoticalaca na postaji K je iznosio oko 19 % : 35 % : 46 %. U vrijeme ljetnog maksimuma zabilježenog na drugim postajama (VIII./1), na postaji K kolnjaci nisu pronađeni, a najbrojniji su bili na kraju istraživanja (K_X . 712 ± 125 jed. L^{-1}) s izraženom dominacijom vrste *Asplanchna priodonta* (82 % brojnosti kolnjaka). Veslonošci su bili najbrojniji na kraju istraživanja (K_X . 302 ± 94 jed. L^{-1}), čemu su podjednako pridonijele brojnosti nauplija, kopepodita i adultnih stadija vrste *M. albidus*. Kao i u pelagijalu jezera S2, na kontrolnoj točki rašljoticalci su bili zastupljeni jedino vrstom *B. longirostris* koja je na ovoj postaji bila najbrojnija početkom jeseni (K_{IX} . 540 ± 254 jed. L^{-1}).

U mezokozmosu bez utjecaja riba (MM) omjer udjela brojnosti kolnjaka, veslonožaca i rašljoticalaca je iznosio oko 53 % : 25 % : 22 %. Maksimum ukupne brojnosti zooplanktona je bio krajem ljeta ($MM_{VIII./2}$ 1273 ± 465 jed. L^{-1} , Slika 25, Prilog I) čemu su najviše pridonijele visoke brojnosti bdelloidnih kolnjaka (287 ± 218 jed. L^{-1}) i nauplija (329 ± 331 jed. L^{-1}). U vrijeme ljetnog maksimuma na drugim postajama ovdje je ukupna brojnost zooplanktona bila najniža ($MM_{VIII./1}$ 460 ± 304 jed. L^{-1}). Vrsta *M. albidus* je bila najbrojnija krajem istraživanja (MM_X . 80 ± 112 jed. L^{-1}). U mezokozmosu MM rašljoticalci su bili najbrojniji na početku (VII./2) i kraju (X.) pokusa, a najmanje brojni za vrijeme maksimuma brojnosti zooplanktona krajem ljeta (VIII./2). Na početku pokusa brojnost rašljoticalaca je iznosila 292 ± 218 jed. L^{-1} (VII./2), čemu je najviše pridonijela brojnost vrste *B. longirostris* ($MM_{VII./2}$ 171 ± 139 jed. L^{-1}). Na kraju pokusa je zabilježena najveća brojnost rašljoticalaca (MM_X . 398 ± 450 jed. L^{-1}),

koja se podudarala s najvećom brojnošću vrste većeg rašljoticalca *Simocephalus vetulus* zabilježenom na postaji MM i tijekom istraživanja (MM_X 255 ± 423 jed. L^{-1}).

U mezokozmosu s predacijom riba, MR, zabilježen je trend porasta brojnosti zooplanktona u drugom dijelu ljetnog razdoblja (MR 1390 ± 957 jed. L^{-1} , Slika 25, Prilog J). Omjer udjela brojnosti kolnjaka, veslonožaca i rašljoticalaca je u mezokozmosu MR iznosio oko 22 % : 30 % : 48 %. Kolnjaci su imali mali udio u ukupnoj brojnosti zooplanktona u ljetnom razdoblju (6 – 16 % ukupne brojnosti zooplanktona), dok su na kraju istraživanja (X) su bili najbrojnija skupina (MR_X 486 ± 173 jed. L^{-1}), s izraženom dominacijom vrste *A. priodonta* (63 % brojnosti kolnjaka). U mezokozmosu MR veslonošci su bili najbrojniji za vrijeme kasnoljetnog porasta brojnosti ($MR_{VIII/1}$ 440 ± 121 jed. L^{-1}), s najvećim udjelom nauplija, a rašljoticalci na početku pokusa ($MR_{VII/2}$ 1012 ± 958 jed. L^{-1}), s najvećim doprinosom vrste *B. longirostris* ($MR_{VII/2}$ 951 ± 946 jed. L^{-1}).

5.3.2.4 Usporedba postaja temeljem sastava dominantnih vrsta

U jezeru S1 zooplankton pelagijalnih postaja, S1P i S1PV, je bio najsličniji tijekom istraživanja, a razlike su nastale uglavnom zbog veće brojnosti pojedinih vrsta kolnjaka (*Filinia. longiseta* i *Keratella tecta*) u pridnenom sloju pelagijala (Tablica 16). Između površinskog sloja pelagijala (S1P) i ruba makrofita (S1RM) je zabilježena veća različitost u strukturi zooplanktona (57 %) kojoj su 23 vrste, većinom kolnjaka, doprinijele < 1 – 4 %, a još veća različitost je zabilježena između postaje S1M i postaja S1P te S1PV (65 %) čemu su doprinijele 34, odnosno 32 vrste < 1 – 5 % udjela. Zooplankton postaje ruba (S1RM) i unutar pojasa makrofita (S1M) se razlikovao 53 %, čemu je najviše pridonijela veća brojnost planktonskih vrsta kolnjaka na rubu pojasa makrofita.

U jezeru S2, različitost sastava zooplanktona pelagijala (S2P) i litorala (S2L) bila je svega 44 %, čemu je pridonijela veća brojnost kolnjaka u pelagijalu te rašljoticalca *B. longirostris* u litoralu. Zooplankton obje postaje jezera S2 manje se razlikovao od pelagijala jezera S1, dok su veće razlike postignute u odnosu na postaje u litoralu, S1M i S1RM (oko 75 %; Tablica 16).

Sastav zooplanktona između mezokozmosa MM i MR se međusobno razlikovao 51%, a razlikama s > 1 % udjela je doprinijelo 35 vrsta, uključujući u MR brojniju vrstu *B. longirostris* (4 %) te u MM brojniju vrstu *Simocephalus vetulus* (3 %). Mezokozmos MM se 70 % razlikovao od kontrolne točke (K), kao i od preostale dvije postaje u jezeru S2, čemu su najviše pridonijele veće brojnosti kolnjaka *Lecane lunaris* i *Pompholyx sulcata* te bdeloidnih kolnjaka

u mezokozmosu MM. Pri usporedbi sastava zooplanktona mezokozmosa MM i postaja u jezeru S1, manja razlika je zabilježena u odnosu na S1M (58 %) nego S1P (67 %; Tablica 16).

Struktura zooplanktona mezokozmosa MR se razlikovala od strukture zooplanktona kontrolne točke 58 %, kao i od dviju postaja u jezeru S2 (60 %), čemu je najviše doprinijela veća brojnost bdeloidnih kolnjaka u mezokozmosu. Razlike zooplanktona mezokozmosa MR i postaja u jezeru S1 su bile neznatno veće, a rezultat su veće brojnosti kolnjaka na postaji S1P (*K. cochlearis*, *T. similis* i *Polyarthra* spp.) te rašljoticalca *B. longirostris* u mezokozmosu MR u odnosu na postaju S1M (Tablica 16).

Tablica 16. Razlike u sastavu zooplanktona između istraživanih postaja i mezokozmosa s doprinosom pojedinih vrsta strukturiranju sastava zooplanktona (SIMPER analiza).

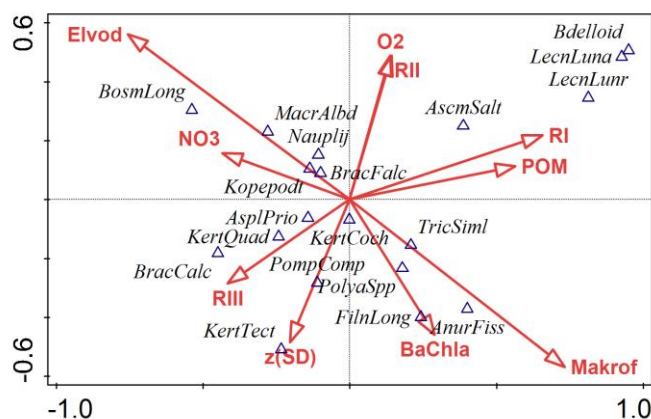
Postaje	S1P – S1PV	S1RM – S1P	S1RM – S1PV	S1RM – S1M	S1M – S1P	S1M – S1PV
Različitoost (%)	37	57	55	53	65	65
Vrsta (doprinos, %)	<i>Filinia longiseta</i> (7) <i>Anuraeopsis fissa</i> (7) <i>Keratella tecta</i> (6)	<i>Polyarthra</i> spp. (4) <i>Bdelloidea</i> (4) <i>Anuraeopsis fissa</i> (4)	<i>Bosmina longirostris</i> (4) <i>Macrocyclops albidus</i> (4) <i>Polyarthra</i> spp. (4)	<i>Polyarthra</i> spp. (4) <i>Keratella cochlearis</i> (4) <i>Anuraeopsis fissa</i> (3)	<i>Colurella uncinata</i> (5) <i>Polyarthra</i> spp. (5) <i>Bdelloidea</i> (4)	<i>Colurella uncinata</i> (5) <i>Polyarthra</i> spp. (4) <i>Filinia longiseta</i> (4)
Postaje	S2P – S2L	S2P – S1P	S2P – S1M	S2L – S1P	S2L – S1M	
Različitoost (%)	44	53	74	57	75	
Vrsta (doprinos, %)	<i>Keratella cochlearis</i> (9) <i>Asplanchna priodonta</i> (9) <i>Bosmina longirostris</i> (8)	<i>Trichocerca similis</i> (12) <i>Polyarthra</i> spp. (10) <i>Keratella cochlearis</i> (9)	<i>Colurella uncinata</i> (5) <i>Lecane lunaris</i> (5) <i>Trichocerca similis</i> (5)	<i>Trichocerca similis</i> (12) <i>Keratella cochlearis</i> (11) <i>Polyarthra</i> spp. (10)	<i>Colurella uncinata</i> (6) <i>Bosmina longirostris</i> (5) <i>Lecane lunaris</i> (5)	
Postaje	MM – MR	MM – K	MM – S1P	MM – S1M	MM – S2P	MM – S2L
Različitoost (%)	51	70	67	58	70	70
Vrsta (doprinos, %)	<i>Bosmina longirostris</i> (4) <i>Gastropus stylifer</i> (4) <i>Simocephalus vetulus</i> (3)	<i>Bdelloidea</i> (7) <i>Lecane lunaris</i> (5) <i>Pompholyx sulcata</i> (5)	<i>Bdelloidea</i> (6) <i>Trichocerca similis</i> (5) <i>Keratella cochlearis</i> (5)	<i>Colurella uncinata</i> (5) <i>Bosmina longirostris</i> (3) <i>Pompholyx sulcata</i> (3)	<i>Bdelloidea</i> (6) <i>Lecane lunaris</i> (5) <i>Pompholyx sulcata</i> (5)	<i>Bdelloidea</i> (7) <i>Lecane lunaris</i> (5) <i>Pompholyx sulcata</i> (4)
Postaje		MR – K	MR – S1P	MR – S1M	MR – S2P	MR – S2L
Različitoost (%)		58	62	63	60	60
Vrsta (doprinos, %)		<i>Bdelloidea</i> (5) <i>Asplanchna priodonta</i> (5) <i>Pompholyx sulcata</i> (5)	<i>Keratella cochlearis</i> (7) <i>Trichocerca similis</i> (6) <i>Polyarthra</i> spp. (6)	<i>Bosmina longirostris</i> (6) <i>Colurella uncinata</i> (5) <i>Keratella cochlearis</i> (4)	<i>Bdelloidea</i> (5) <i>Asplanchna priodonta</i> (5) <i>Pompholyx sulcata</i> (4)	<i>Bdelloidea</i> (5) <i>Pompholyx sulcata</i> (5) <i>Lecane lunaris</i> (4)

5.3.2.5 Interakcije brojnosti zooplanktona i razmatranih čimbenika okoliša

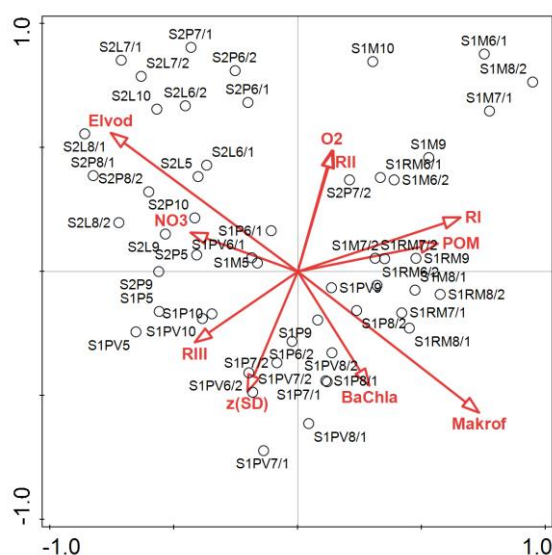
Značajne korelacije (Spearmanov koeficijent korelacije r , $p < 0,05$) brojnosti zooplanktona s abiotičkim i biotičkim čimbenicima prikazane su u Prilogu K, a u ovom odjeljku bit će istaknute najrelevantnije korelacije za tumačenje sezonskih i prostornih oscilacija brojnosti zooplanktona i glavnih skupina zooplanktona. Rezultati istraživanja ukazuju na pozitivnu korelaciju brojnosti kolnjaka s vrijednostima pokrovnosti makrofita, prozirnosti te izvorima hrane, biomasom fitoplanktona i POM. Porast temperature tijekom istraživanja te raspoloživost fitoplanktona pogodovali su brojnosti veslonožaca, dok je porast udjela prozirnog stupca vode negativno utjecao na njihovu brojnost. Rezultati analiza ukazuju na negativan utjecaj pokrovnosti makrofita i prozirnosti vode na brojnost rašljoticalaca. Porast prosječne duljine jedinki riba je pogodio porastu ukupne brojnosti zooplanktona.

Na povećanje ukupne raznolikosti zooplanktona pozitivno je utjecala povećana brojnost kolnjaka ($r = 0,30$, $p < 0,05$), dok je povećanje brojnosti rašljoticalaca imalo negativan utjecaj ($r = -0,31$, $p < 0,05$). Raznolikost i brojnost veslonožaca negativno su korelirale ($r = -0,36$, $p < 0,05$).

Za sveobuhvatno razmatranje brojnosti i raznolikosti zooplanktona u jezerima i mezokozmosima s obzirom na abiotičke i biotičke čimbenicima koriste se rezultati provedenih CCA analiza. U sagledavanju utjecaja abiotičkih i biotičkih čimbenika na abundanciju zooplanktona u jezerima S1 i S2 prve dvije osi CCA analize objašnjavale su 70 % interakcija (A1 44 %, A2 26 %; Slike 26 i 27). Ukupno je 10 razmatranih čimbenika pokazalo značajnu korelaciju s brojnosti zooplanktona, od kojih se ističu električna vodljivost, pokrovnost makrofita i brojnost malih riba I. veličinske kategorije (Tablica 17). Uvjeti povećane električne vodljivosti, uzrokovane uglavnom porastom koncentracije nitrata, pozitivno su utjecali na brojnost rašljoticalca *B. longirostris* te ličinačkih i adultnih stadija veslonožaca, *M. albidus*, u jezeru S2. Submerzni makrofiti u jezeru S1, sa znatnim količinama hrane (POM i biomasa fitoplanktona), su na litoralnim postajama jezera S1 omogućili uvjete koji su pogodovali razvoju litoralnih (vrste roda *Lecane* i bdeloidni kolnjaci), ali i planktonskih (*A. fissa* i *F. longiseta*) kolnjaka. Rezultati analize ukazuju na porast koncentracije otopljenog kisika, kao i na veću abundanciju riblje mlađi unutar sastojina makrofita. Na postajama u pelagijalu S1, uz povećanu prozirnost i prisutnost velikih riba, III. veličinske kategorije, visoku brojnost populacija razvili su planktonski kolnjaci (*K. tecta*, *K. quadrata* i *Brachionus calyciflorus*).



Slika 26. CCA analiza interakcija brojnosti zooplanktona, biotičkih (predacije) i abiotičkih čimbenika u jezerima S1 i S2. Okolišni čimbenici: BaChla – klorofil a; Elvod – električna vodljivost; Makrof – pokrovnost submerznih makrofita; POM – suspendirana organska tvar; z(SD) – prozirnost mjerena Secchi diskom, O2 – koncentracija otopljenog kisika; NO3 – koncentracije nitrata; RI – brojnost riba I. vel. kat., RII – brojnost riba II. vel. kat.; RIII – brojnost riba III. vel. kat.. Zooplankton: AnurFiss – *Anuraeopsis fissa*; AscmSalt – *Ascomorpha saltans*; AsplPrio – *Asplanchna priodonta*; Bdelloid – Bdelloidea; BracCalc – *Brachionus calyciflorus*; BracFalc – *Brachionus falcatus*; FilnLong – *Filinia longiseta*; KertCoch – *Keratella cochlearis*; KertQuad – *Keratella quadrata*; KertTect – *Keratella tecta*; LecnLuna – *Lecane luna*; LecnLunr – *Lecane lunaris*; PolySpp – *Polyarthra* spp.; PompComp – *Pompholyx complanate*; TricSiml – *Trichocerca similis*; MacrAlbd – *Macrocyclus albidus*; Kopepodt – kopepoditi; nauplij – naupliji; BosmLong – *Bosmina longirostris*.

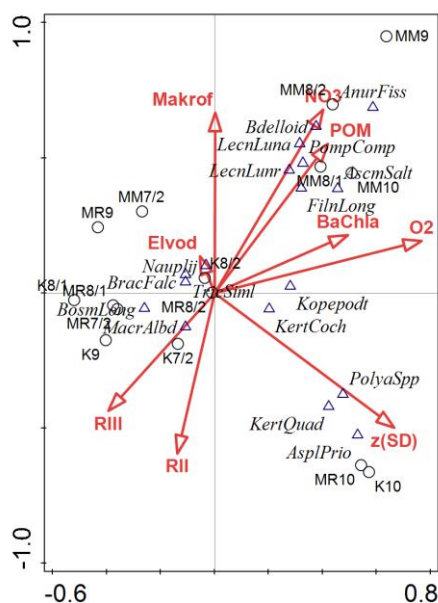


Slika 27. CCA analiza interakcija brojnosti zooplanktona na postajama, biotičkih (predacije) i abiotičkih čimbenika u jezerima S1 i S2. Okolišni čimbenici: BaChla – klorofil a; Elvod – električna vodljivost; Makrof – pokrovnost submerznih makrofita; POM – suspendirana organska tvar; z(SD) – prozirnost mjerena Secchi diskom, O2 – koncentracija otopljenog kisika; NO3 – koncentracije nitrata; RI – brojnost riba I. vel. kat., RII – brojnost riba II. vel. kat.; RIII – brojnost riba III. vel. kat.

Tablica 17. Rezultati CCA analize interakcija brojnosti zooplanktona, biotičkih (predacije) i abiotičkih čimbenika u jezerima S1 i S2 (λ – udio interakcija koje čimbenik objašnjava).

Čimbenik	λ (%)	p
Električna vodljivost	16,5	0,002
Pokrovnost makrofita	15,7	0,002
Brojnost riba I. vel. kat.	10,9	0,002
POM	8,2	0,002
Prozirnost	8,2	0,002
Koncentracija otopljenog kisika	7,8	0,002
Biomasa fitoplanktona	6,7	0,002
Nitrati	5,9	0,008
Brojnost riba II. vel. kat.	5,7	0,002
Brojnost riba III. vel. kat.	5,5	0,01

U sagledavanju utjecaja abiotičkih i biotičkih čimbenika na abundanciju zooplanktona u mezokozmosima MM i MR te na kontrolnoj točki (K) prve dvije osi CCA analize objašnjavale su 74 % interakcija (A1 39 %, A2 35 %; Slika 28). Ukupno je 8 razmatranih čimbenika pokazalo značajnu korelaciju s brojnosti zooplanktona u mezokozmosima i na kontrolnoj točki (Tablica 18). Prozirnost stupca vode izrazito je pozitivno utjecala na brojnost planktonskih vrsta kolnjaka (*A. priodonta*, *K. quadrata* i *Polyarthra* spp.) koje su, bile manje osjetljive na predaciju riba od vrsta koje su bile zastupljenije u mezokozmosu MM. U mezokozmosu MM su uvjeti velike pokrovnosti makrofita, veće koncentracije otopljenog kisika te veće raspoloživosti hrane, biomase fitoplanktona i suspendirane organske tvari, bili pogodni za litoralne vrste kolnjaka (*Lecane* sp., bdeloidni kolnjaci), ali također i za primarno planktonske vrste kolnjaka (*A. fissa*, *Pompholyx complanata*, *Ascomorpha saltans* i *F. longiseta*). Pozitivne korelacije brojnosti rašljoticalca *B. longirostris* i adultnih stadija veslonožaca, *M. albidus*, s brojnosti riba II. i III. veličinske kategorije, ukazuju na smanjenu osjetljivost ovih vrsta na predaciju riba navedenih veličinskih kategorija.



Slika 28. CCA analiza interakcija brojnosti zooplanktona, biotičkih (predacije) i abiotičkih čimbenika u mezokozmosima MM i MR te na kontrolnoj točki K. Okolišni čimbenici: BaChla – klorofil a; Elvod – električna vodljivost; Makrof – pokrovnost submerznih makrofita; POM – suspendirana organska tvar; z(SD) – prozirnost mjerena Secchi diskom, O₂ – koncentracija otopljenog kisika; NO₃ – koncentracije nitrata; RI – brojnost riba I. vel. kat., RII – brojnost riba II. vel. kat., RIII – brojnost riba III. vel. kat.. Zooplankton: AnurFiss – *Anuraeopsis fissa*; AscmSalt – *Ascomorpha saltans*; AsplPrio – *Asplanchna priodonta*; Bdelloid – *Bdelloidea*; BracCalc – *Brachionus calyciflorus*; BracFalc – *Brachionus falcatus*; FilnLong – *Filinia longiseta*; KertCoch – *Keratella cochlearis*; KertQuad – *Keratella quadrata*; KertTect – *Keratella tecta*; LecnLuna – *Lecane luna*; LecnLunr – *Lecane lunaris*; PolySpp – *Polyarthra* spp.; PompComp – *Pompholyx complanata*; TricSiml – *Trichocerca similis*; MacrAlbd – *Macrocyclus albidus*; Kopepodt – kopepoditi; nauplij – naupliji; BosmLong – *Bosmina longirostris*.

Tablica 18. Rezultati CCA analize interakcija brojnosti zooplanktona, biotičkih (predacije) i abiotičkih čimbenika u mezokozmosima (MM i MR) i na kontrolnoj točki K (λ – udio interakcija koje čimbenik objašnjava).

Čimbenik	λ (%)	p
Prozirnost	23,3	0,012
Koncentracija otopljenog kisika	23,1	0,006
Nitrati	21,1	0,006
POM	18,1	0,034
Biomasa fitoplanktona	15,5	0,08
Pokrovnost makrofita	14,4	0,062
Brojnost riba II. vel. kat.	12,7	0,074
Brojnost riba III. vel. kat.	12,4	0,102

5.3.3 Veličinska struktura zooplanktona u jezerima i mezokozmosima

Podjela u četiri veličinske kategorije: I. ($< 300 \mu\text{m}$), II. ($300 - 600 \mu\text{m}$), III. ($600 \mu\text{m} - 1 \text{ mm}$) i IV ($> 1 \text{ mm}$) obuhvatila je sve tri skupine zooplanktona. ANOSIM analiza ukazala je na preklapanje, ali i razlike između postaja u jezerima i mezokozmosa s obzirom na brojnost veličinskih kategorija zooplanktona ($R = 0,279$, $p = 0,001$). Značajna razlika između postaja u jezerima S1 i S2 ($R = 0,409$, $p = 0,001$) bila posljedica veće brojnosti zooplanktona I. veličinske kategorije u jezeru S1 u odnosu na jezero S2 te veće brojnosti zooplanktona III. veličinske kategorije u jezeru S2 u odnosu na jezero S1.

5.3.3.1 I. veličinska kategorija

Najmanje jedinice zooplanktona I. veličinske kategorije koja je obuhvaćala većinu vrsta kolnjaka, bile su brojnije na postajama jezera S1 (Tablica 19, Slika 29), u odnosu na jezero S2 (Mann-Whitney U test, $n = 52$, $Z = 4,86$, $p < 0,05$). Iako je tijekom kasnojletnog maksimuma brojnost jedinki najmanjih dimenzija tijela na postajama u pelagijalu (S1P, S1PV) i na rubu pojasa makrofita (S1RM) bila veća nego unutar pojasa makrofita (S1M), razlike između postaja jezera S1 nisu bile značajne (Kruskal-Wallis test, $p > 0,05$).

Najveća brojnost zooplanktona I. veličinske kategorije u mezokozmosima zabilježena je u mezokozmosu MM krajem ljeta ($\text{MM}_{\text{VII}/2} 576 \pm 448 \text{ jed. L}^{-1}$; Slika 31). Najmanji zooplankton je postigao veću brojnost u mezokozmosu MM u odnosu na kontrolnu točku, K, te postaje S2P i S2L u jezeru S2 u kojem je postavljen. U oba mezokozmosa je zooplankton I. kategorije bio manje brojna nego na postajama jezera S1 (Mann-Whitney U test, $p < 0,05$, Tablica 20).

Brojnosti zooplanktona najmanjih dimenzija pogodovali su veća pokrovnost makrofita i prozirnost te veće koncentracije DOM, POM i biomase fitoplanktona (Prilog L). U uvjetima veće ukupne raznolikosti zooplanktona, zabilježena je i veća brojnost najmanje veličinske kategorije zooplanktona (Prilog L).

5.3.3.2 II. veličinska kategorija

Jezera se nisu razlikovala prema brojnosti zooplanktona II. veličinske kategorije, čiji je veličinski raspon obuhvatio veće vrste kolnjaka te nauplije veslonožaca (Mann-Whitney U test, $p > 0,05$). Sezonski, brojnost zooplanktona II. veličinske kategorije je bila veća ljeti nego u proljeće (Kruskal-Wallis test; $p < 0,05$; Tablica 11), a prostorno u pelagijalu jezera S1, nego

unutar pojasa makrofita (Slika 29) te je bio značajno brojniji na postaji S1PV u odnosu na postaju S1M (Tablica 19).

U mezokozmosima je najveća brojnost jedinki ove veličinske kategorije zabilježena tijekom kasnoljetnog porasta brojnosti (VIII./2) u mezokozmosu MR, no nisu utvrđene značajne razlike brojnosti između mezokozmosa MM i MR ili mezokozmosa (MM, MR) u odnosu na druge postaje istraživanja.

Zooplankton II. veličinske kategorije je bio brojniji u uvjetima veće pokrovnosti makrofita i prozirnosti (Prilog L). Porast prosječne dužine riba je pogodio porastu brojnosti ove veličinske kategorije zooplanktona (Prilog L).

5.3.3.3 III. veličinska kategorija

Brojnost zooplanktona III. veličinske kategorije bila je veća u jezeru S2 u odnosu na jezero S1 (Mann-Whitney U test, $n = 52$, $Z = -3,18$, $p < 0,05$), kao i brojnost manjih rašljoticalaca koji su unutar raspona ove veličinske kategorije (Mann-Whitney U test, $n = 52$, $Z = -3,84$, $p < 0,05$). Tijekom kasnoljetnog porasta brojnosti u jezeru S2, zooplankton III. veličinske kategorije je bio najbrojniji ($S2L_{VIII/1} 1836 \pm 476$ jed. L^{-1}), kada je zabilježena i najveća brojnost rašljoticalaca ovog veličinskog raspona ($S2L_{VIII/1} 1830 \pm 478$ jed. L^{-1} ; Slika 30). Brojnost rašljoticalaca II. veličinske kategorije je bila veća u litoralu jezera S2 nego litoralu jezera S1 (Tablica 19). U pridnenom sloju pelagijala je na početku istraživanja zabilježena najveća brojnost rašljoticalaca ove veličinske kategorije u jezeru S1 ($S1PV_v. 525 \pm 146$ jed. L^{-1}). Brojnost veslonožaca ove veličinske kategorije, koja je obuhvaćala kopepodite, bila je najveća u jesenskom razdoblju (Kruskal-Wallis test, $p < 0,05$; Tablica 11) te se nije razlikovala između postaja jezera S1 i S2 (Kruskal-Wallis test; $p > 0,05$).

Zooplankton III. veličinske kategorije je u mezokozmosima bio najbrojniji na početku pokusa ($MM_{VII/2} 252 \pm 146$ jed. L^{-1} ; $MR_{VII/2} 1311 \pm 968$ jed. L^{-1}) kad su i rašljoticalci koji pripadaju ovoj kategoriji bili najbrojniji u mezokozmosima, a veslonošci ove veličinske kategorije nisu bili zabilježeni. Zooplankton III. kategorije je bio manje brojan u mezokozmosu MM u odnosu na MR i postaju K, a u MR je bio brojniji nego na postajama jezera s makrofitima S1P, S1RM i S1M (Tablica 20, Slike 29 i 31). Rašljoticalci III. veličinske kategorije su bili brojniji u mezokozmosu MR u odnosu na MM, a u oba mezokozmosa su bili brojniji nego u pojasu makrofita u jezeru S1 (Tablica 20). U mezokozmosu MR je brojnost manjih rašljoticalaca bila veća i od brojnosti na ostalim postajama jezera S1 (Tablica 20). Brojnost veslonožaca ove

veličinske kategorije u mezokozmosima MM i MR nije se razlikovala od drugih postaja u istraŹivanju (Kruskal-Wallis test; $p > 0,05$).

Ukupna brojnost zooplanktona III. veličinske kategorije, kao i rašljoticalaca koji pripadaju ovoj kategoriji se povećavala u uvjetima manje prozirnosti vode i bez prisutnih makrofita (Prilog L). Većoj brojnosti veslonoŹaca III. veličinske kategorije pogodovala je veća biomasa fitoplanktona. Veća brojnost najmanjih riba (I. veličinska kategorija) je negativno korelirala s brojnosti rašljoticalaca III. veličinske kategorije. Veća brojnost zooplanktona i rašljoticalaca III. veličinske kategorije negativno je utjecala na ukupnu raznolikost zooplanktona (Prilog L).

5.3.3.4 *IV. veličinska kategorija*

Jezera se nisu razlikovala s obzirom na ukupnu brojnost zooplanktona IV. veličinske kategorije i veslonoŹaca ove kategorije (Mann-Whitney U test, $p > 0,05$), kao niti pojedine postaje u oba jezera (Kruskal-Wallis test, $p > 0,05$).

Brojnost velikih rašljoticalaca IV. veličinske kategorije je bila veća u jezeru S1 u odnosu na jezero S2 (Mann-Whitney U test, $n = 52$, $Z = 2,77$, $p < 0,05$). U površinskom sloju pelagijala oba jezera (S1P i S2P) te litoralu jezera S2 (S2L) veći rašljoticalci nisu zabiljeŹeni, a u pridnenom sloju pelagijala jezera S1 (S1PV) su bili malobrojni te zabiljeŹeni ljeti uglavnom u brojnosti < 5 jed. L^{-1} . Veći rašljoticalci su bili značajno brojniji u litoralu jezera S1 nego pelagijalu oba jezera te litoralu jezera S2 (Tablica 19).

U mezokozmosu MM zabiljeŹena je najveća brojnost velikih rašljoticalaca (283 ± 417 jed. L^{-1}) u jesen, na kraju istraŹivanja. Veliki rašljoticalci su bili brojniji u oba mezokozmosa (MM i MR) u odnosu na postaju K te na postaje bez ili s malim brojem rašljoticalaca IV. kategorije, npr. pelagičke postaje jezera S1 i S2 (Tablica 20).

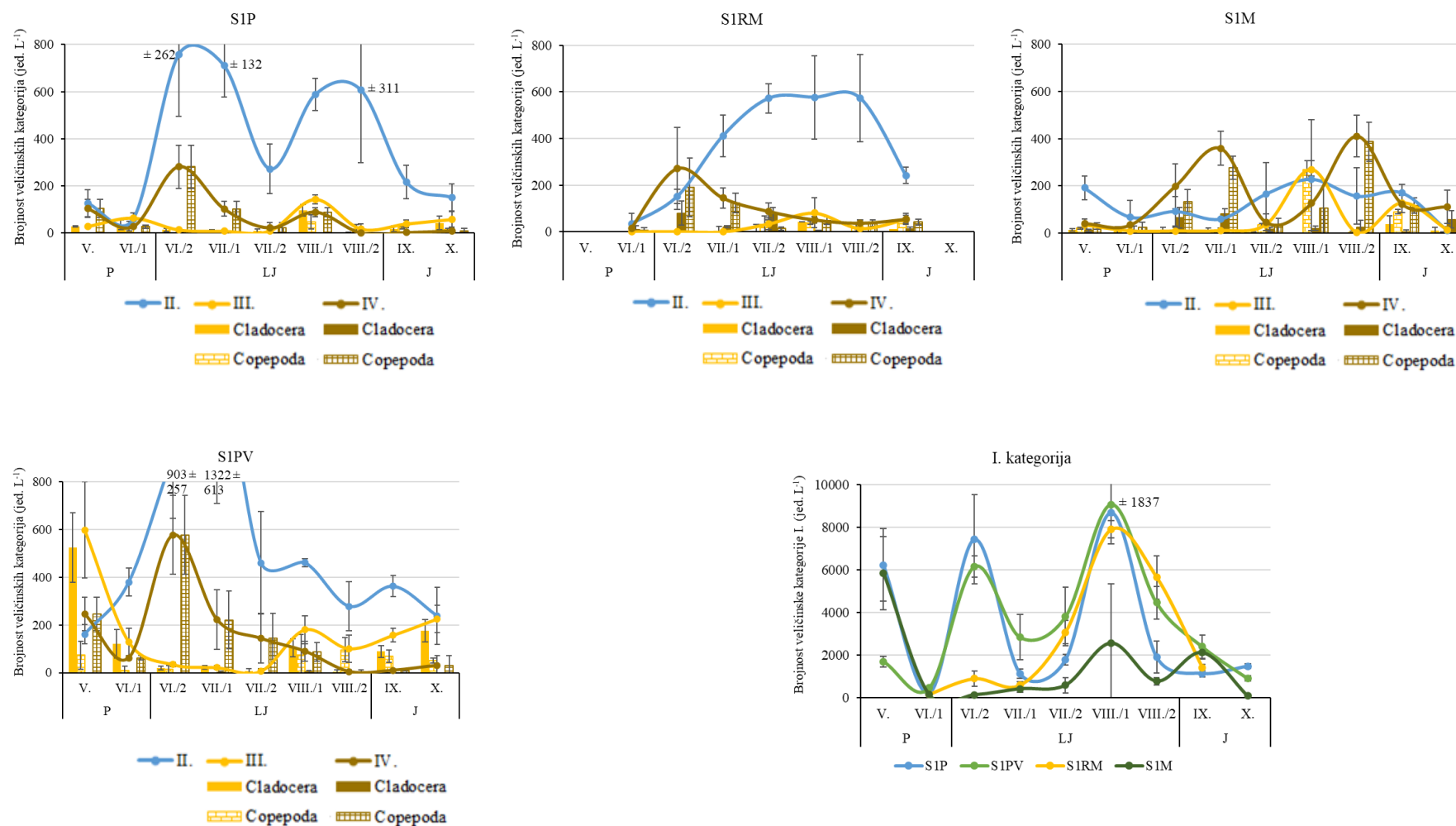
Veliki rašljoticalci su bili brojniji u uvjetima veće pokrovnosti makrofita i prozirnosti te niŹih koncentracija nitrata (Prilog L). Brojnost rašljoticalaca je pozitivno korelirala s koncentracijama POM. Veća prosječna biomasa jedinki riba, prosječna duljina jedinki i brojnost većih riba (III. veličinska kategorija) negativno su utjecale na brojnost velikih rašljoticalaca, dok je brojnosti najmanjih riba (I. veličinska kategorija) imala suprotan učinak.

Tablica 19. Značajne razlike brojnosti veličinskih kategorija zooplanktona između postaja u jezerima S1 i S2 (Kruskal-Wallis test $H_{(5, 52)}$ i *post hoc* test višestruke usporedbe; $p < 0,05$).

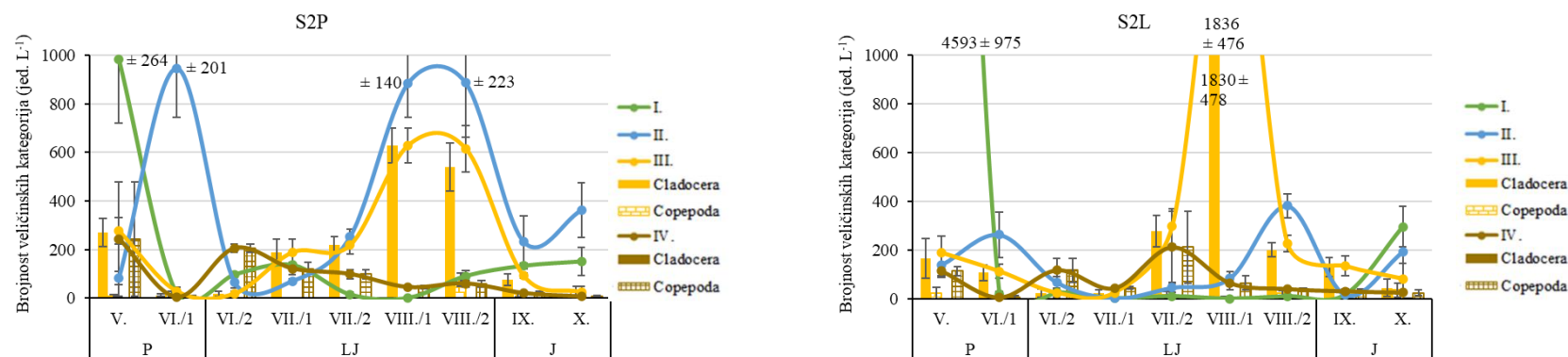
Veličinska kategorija	H	Višestruka usporedba
I. kolnjaci	27,12	S1P > S2P, S2L S1PV > S2P, S2L
II. kolnjaci i veslonošci – naupliji	15,17	S1PV > S1M, S2L
III. ukupno rašljoticalci i veslonošci – kopepoditi	16,35	-
III. – rašljoticalci	23,37	S2P > S1RM S2L > S1M, S1RM
IV. – rašljoticalci	40,17	S1M > S1P, S1PV, S2P, S2L S1RM > S1P, S2P

Tablica 20. Značajne razlike brojnosti veličinskih kategorija zooplanktona između mezokozmosa (MM i MR), kontrolne točke (K) kao i postaja istraživanja u jezerima S1 i S2 (Mann-Whitney U test, $n = 10$, $p < 0,05$).

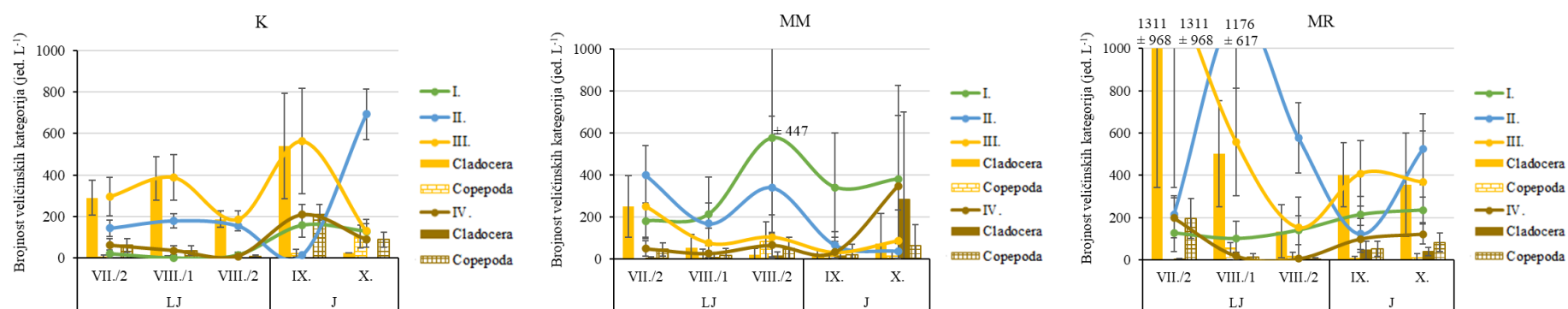
Brojnost veličinskih kategorija	Z (MM – MR)	Z (MM – K)	Z (MM – S2P)	Z (MM – S2L)	Z (MM – S1P)	Z (MM – S1PV)	Z (MM – S1RM)	Z (MM – S1M)
I. kolnjaci		2,51	2,51	2,09	-2,51	-2,51	-2,33	
III. ukupno rašljoticalci i veslonošci – kopepoditi	-2,30	-2,09						
III. – rašljoticalci	-2,30							2,09
IV. – rašljoticalci		2,51	2,51	2,51	2,51	2,51		
	Z (MR – K)	Z (MR – S2P)	Z (MR – S2L)	Z (MR – S1P)	Z (MR – S1PV)	Z (MR – S1RM)	Z (MR – S1M)	
I. kolnjaci				-2,51	-2,51	-2,33		
III. ukupno rašljoticalci i veslonošci – kopepoditi				2,51		2,33	2,30	
III. – rašljoticalci				2,51	2,30	2,33	2,51	
IV. – rašljoticalci	2,51	2,51	2,51	2,51	2,09			



Slika 29. Sezonske promjene brojnosti veličinskih kategorija zooplanktona (SV $\pm$ SD) u jezeru S1.

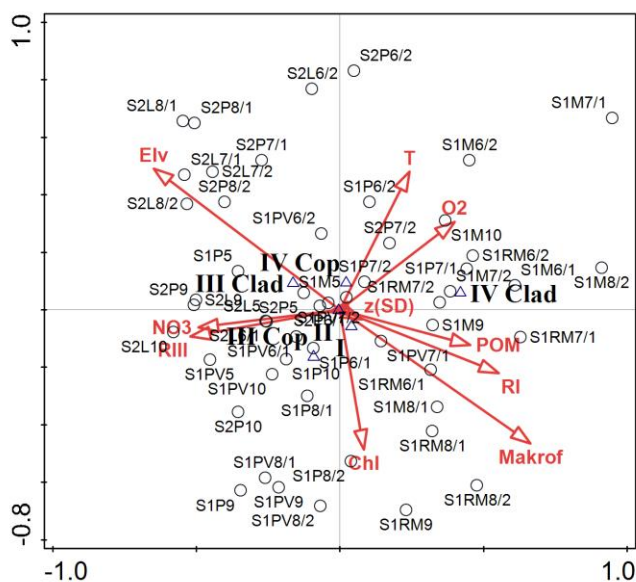


Slika 30. Sezonske promjene brojnosti veličinskih kategorija zooplanktona (SV ± SD) u jezeru S2.



Slika 31. Sezonske promjene brojnosti veličinskih kategorija zooplanktona (SV ± SD) u mezokozmosima i kontrolnoj točki.

U sagledavanju utjecaja abiotičkih i biotičkih čimbenika na abundanciju veličinskih kategorija zooplanktona u jezerima S1 i S2 prve dvije osi CCA analize objašnjavale su 86 % interakcija (A1 58 %, A2 28 %; Slika 32). Ukupno 11 razmatranih čimbenika značajno je utjecalo na brojnost veličinskih kategorija zooplanktona u jezerima S1 i S2 (Tablica 21), od kojih je pokrovnost makrofita bio najznačajniji čimbenik koji je pozitivno utjecao na brojnost rašljoticalaca IV. veličinske kategorije. U uvjetima povećane električne vodljivosti u jezeru S2 rašljoticalci III. veličinske kategorije su postigli najveću brojnost. Brojnost riba I. veličinske kategorije pozitivno je korelirala s brojnosti rašljoticalaca IV. veličinske kategorije, dok je brojnost riba III. veličinske kategorije imala suprotan utjecaj na rašljoticalce ove veličine (Tablica 21; Slika 32).

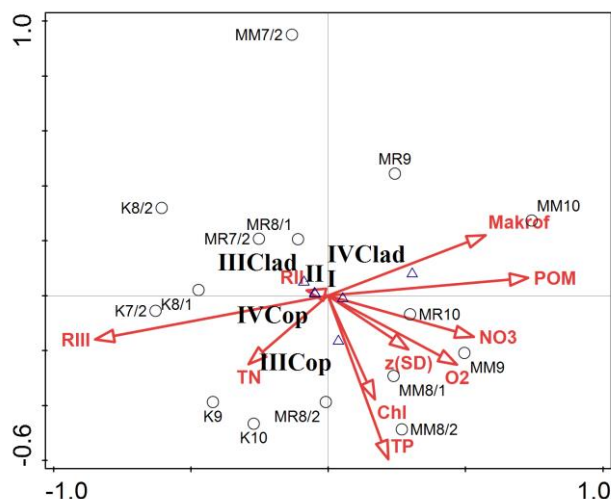


Slika 32. CCA analiza interakcija brojnosti veličinskih kategorija zooplanktona, biotičkih (predacije) i abiotičkih čimbenika u jezerima S1 i S2. Okolišni čimbenici: Chla – klorofil a; Elv – električna vodljivost; Makrof – pokrovnost submerznih makrofita; POM – suspendirana organska tvar; z(SD) – prozirnost mjerena Secchi diskom; T – temperatura; O2 – koncentracija otopljenog kisika; NO3 – koncentracije nitrata; RI – brojnost riba I. vel. kat.; RIII – brojnost riba III. vel. kat.. Zooplankton: I – I. vel. kat.; II – II. vel. kat.; III Clad – rašljoticalci III. vel. kat.; III Cop – veslonošci III. vel. kat.; IV Clad – rašljoticalci IV. vel. kat.; IV Cop – veslonošci IV. vel. kat.

Tablica 21. Rezultati CCA analize interakcija brojnosti veličinskih kategorija zooplanktona, biotičkih (predacije) i abiotičkih čimbenika u jezerima S1 i S2 (λ – udio interakcija koje čimbenik objašnjava).

Čimbenik	λ (%)	p
Pokrovnost makrofita	19,2	0,002
Električna vodljivost	18,8	0,002
Brojnost riba I. vel. kat.	13,2	0,002
Brojnost riba III. vel. kat.	10,1	0,004
POM	9,7	0,006
Nitrati	8,8	0,006
Koncentracija otopljenog kisika	7,2	0,006
Temperatura	6,8	0,014
Biomasa fitoplanktona	4,4	0,078
Prozirnost	4,1	0,08

U mezokozmosima i na kontrolnoj točki (MM, MR i K) prema rezultatima CCA analize samo su 3 razmatrana čimbenika okoliša značajno korelirala s brojnosti veličinskih kategorija zooplanktona u mezokozmosima i kontrolnoj točki (Tablica 22), a prve dvije osi CCA analize objašnjavale su 82 % interakcija (A1 60 %, A2 22 %; Slika 33). Brojnost većih riba, III. veličinske kategorije, je negativno utjecala na brojnost većih rašljoticalaca IV. veličinske kategorije, dok su koncentracija otopljenog kisika i pokrovnost makrofita pozitivno utjecale na brojnost rašljoticalaca ove veličinske kategorije.



Slika 33. CCA analiza interakcija brojnosti veličinskih kategorija zooplanktona, biotičkih (predacije) i abiotičkih čimbenika u mezokozmosima i kontrolnoj točki (MM, MR, K). Okolišni čimbenici: Chl – klorofil a; Makrof – pokrovnost submerznih makrofita; POM – suspendirana organska tvar; z(SD) – prozirnost mjerena Secchi diskom; O₂ – koncentracija otopljenog kisika; NO₃ – koncentracije nitrata; TN – ukupni sušik; TP – ukupni fosfor; RII – brojnost riba II. vel. kat.; RIII – brojnost riba III. vel. kat.. Zooplankton: I – I. vel. kat.; II – II. vel. kat.; III Clad – rašljoticalci III. vel. kat.; III Cop – veslonošci III. vel. kat.; IV Clad – rašljoticalci IV. vel. kat.; IV Cop – veslonošci IV. vel. kat.

Tablica 22. Rezultati CCA analize interakcija brojnosti veličinskih kategorija zooplanktona, biotičkih (predacije) i abiotičkih čimbenika u mezokozmosima (MM i MR) i kontrolnoj točki K (λ – udio interakcija koje čimbenik objašnjava).

Čimbenik	λ (%)	p
Brojnost riba III. vel. kat.	36,3	0,002
POM	26,5	0,002
Pokrovnost makrofita	17,9	0,04

5.3.4 Biomasa i trofičke skupine zooplanktona

Biomase i odnosi su važni u razmatranju protoka tvari i energije, stoga je biomasa zooplanktona razmatrana kroz trofičke (prehrambene) skupine. Makrofiltratori (algivori), zooplanktoni koji se prvenstveno hrane algama, i mikrofiltratori, zooplanktoni koji se prvenstveno hrane detritusom (POM) i sitnim algama su bili zastupljeni u sve tri skupine zooplanktona, a predatori su bili zastupljeni u skupinama veslonožaca i kolnjaka. Ukupna biomasa zooplanktona je bila veća u ljetnom razdoblju (Tablica 11), a više temperature su pogodovale porastu ukupne biomase rašljoticalaca i veslonožaca (Prilog M). Općenito, ukupnoj biomasi zooplanktona u oba jezera, značajno su pridonijeli veslonošci ($r = 0,962$, $p < 0,05$), posebno predatori ($r = 0,947$, $p < 0,05$), dok kolnjaci nisu značajno doprinijeli ukupnoj biomasi zooplanktona ($r = 0,055$, $p > 0,05$).

Biomasa rašljoticalaca makrofiltratora je bila veća u jezeru S1 u odnosu na jezero S2 (Mann-Whitney U test, $Z = 2,53$, $p = 0,01$), jer je biomasa makrofiltratorskih rašljoticalaca bila veća unutar pojasa makrofita u odnosu na obje točke jezera S2 te na rubu makrofita u odnosu na S2P (Tablica 23). Također je ukupna biomasa makrofiltratora je bila veća na postaji S1M u odnosu na postaje jezera S2 (Tablica 23). Postaje jezera S1 i S2 su se razlikovale i s obzirom na biomasu mikrofiltratorskih rašljoticalaca koja je bila veća na postajama u jezeru S2 (Tablica 23). Kolnjaci makrofiltratori su imali veću biomasu na postajama pelagijala jezera S1, a kolnjaci mikrofiltratori u pridnom sloju pelagijala jezera S1 (S1PV) u odnosu na obje postaje jezera S2 (Tablica 23).

Tablica 23. Značajne razlike biomasa trofičkih skupina između postaja u jezerima S1 i S2 (Kruskal-Wallis test $H_{(5, 52)}$ i *post hoc* test višestruke usporedbe; $p < 0,05$). Kratice: Ma – makrofiltratori, Mi – mikrofiltratori.

Biomasa	H	Višestruka usporedba
Rašljoticalci Ma	35,02	S1M > S2P, S2L S1RM > S2P
Rašljoticalci Mi	11,92	S2P, S2L > S1P, S1RM
Ukupna biomasa rašljoticalaca	16,91	S1M > S1P
Kolnjaci Ma	33,14	S1P, S1PV, S1RM > S2P, S2L
Kolnjaci Mi	21,75	S1PV > S2P, S2L
Ukupna biomasa Ma	24,00	S1M > S2P, S2L

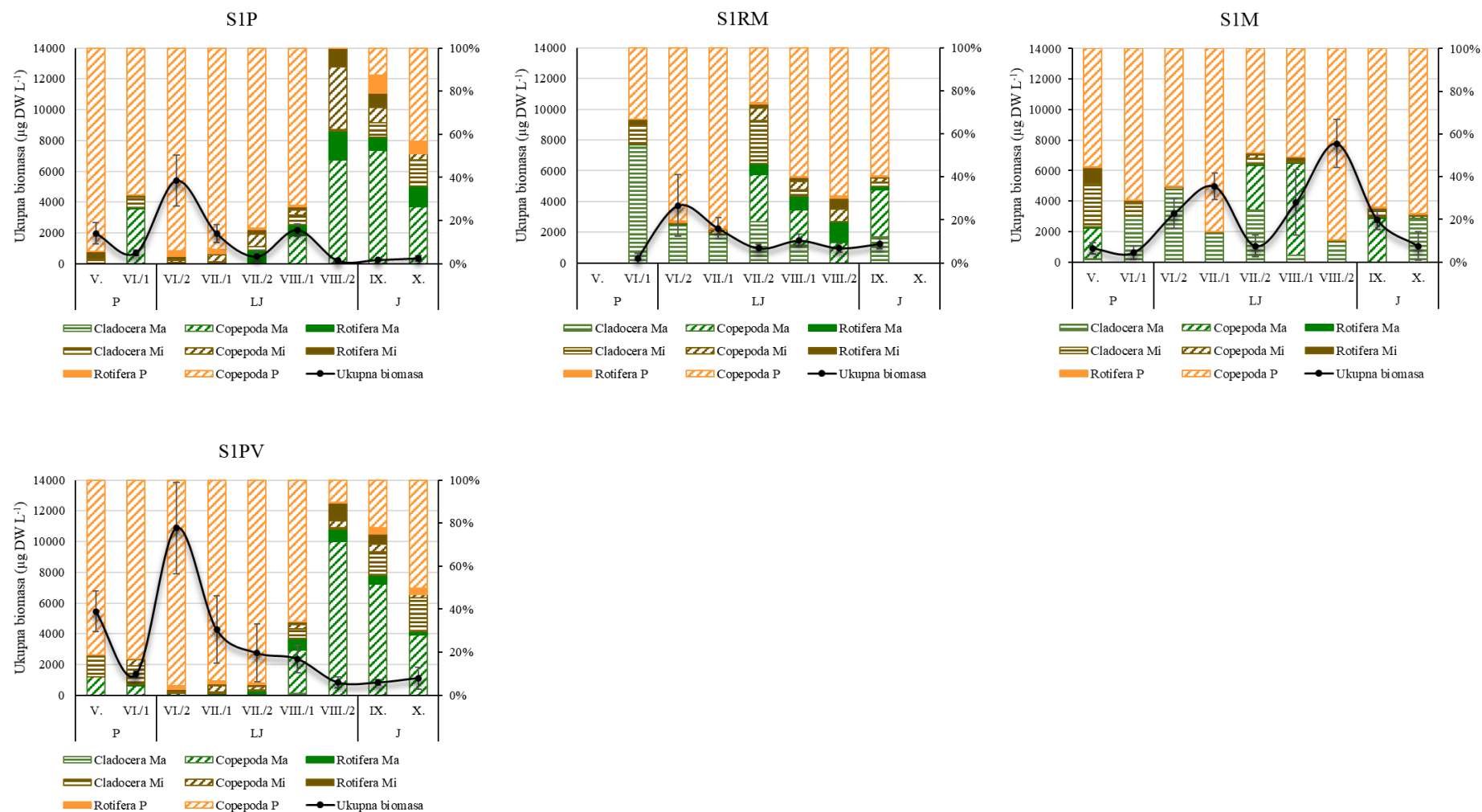
Razlike u raspodjeli trofičkih skupina utvrđene Mann-Whitney U i Kruskal-Wallis testovima očitovale su se i u rezultatima ANOSIM analize koja je ukazala na preklapanje, ali i određene razlike između jezera i mezokozmosa s obzirom na biomase trofičkih skupina zooplanktona ($R = 0,343$, $p = 0,001$). Pelagijalne postaje jezera S1, vjerojatno zbog manje biomase makrofiltratorskih rašljoticalaca, su se jasno razlikovale od postaja u litoralu ($R = 0,479$, $p = 0,001$). Biomase trofičkih skupina između mezokozmosa se nisu značajno razlikovale, a biomasi na postaji K je bila sličnija biomasa u mezokozmosu MR ($R = 0,432$, $p = 0,016$) u odnosu na MM ($R = 0,688$, $p = 0,016$).

U jezeru S1 najveća biomasa zooplanktona na postajama S1P, S1PV i S1RM zabilježena je početkom ljeta, a unutar makrofita (S1M) krajem ljeta (Slika 34). Biomasa rašljoticalaca makrofiltratora bila je veća na unutar sastojina makrofita, S1M, u odnosu površinski i pridneni sloj pelagijala, S1P i S1PV (Tablica 24). Biomasa veslonožaca mikrofiltratora, odnosno nauplija, i ukupna biomasa mikrofiltratora bile su veće u pridnenom sloju pelagijala u odnosu na postaju S1M (Kruskal-Wallis test, $p < 0,05$; Tablica 24). Postaje jezera S1 se nisu međusobno razlikovale u odnosu na biomase trofičkih skupina kolnjaka (Kruskal-Wallis test, $p > 0,05$).

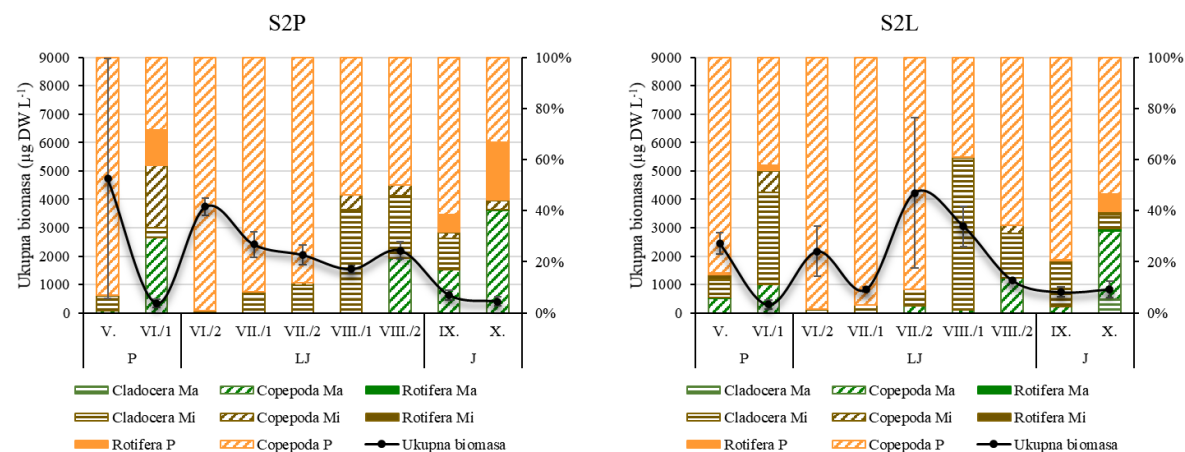
Tablica 24. Značajne razlike biomasa trofičkih skupina između postaja u jezeru S1 (Kruskal-Wallis test $H_{(3, 34)}$ i *post hoc* test višestruke usporedbe; $p < 0,05$). Kratice: Ma – makrofiltratori, Mi – mikrofiltratori.

Biomasa	H	Višestruka usporedba
Rašljoticalci Ma	21,20	S1M, S1RM > S1P, S1PV
Ukupna biomasa rašljoticalaca	15,60	S1M, S1RM > S1P
Veslonošci Mi	10,38	S1PV > S1M
Ukupna biomasa Ma	12,87	S1M > S1P
Ukupna biomasa Mi	9,49	S1PV > S1M

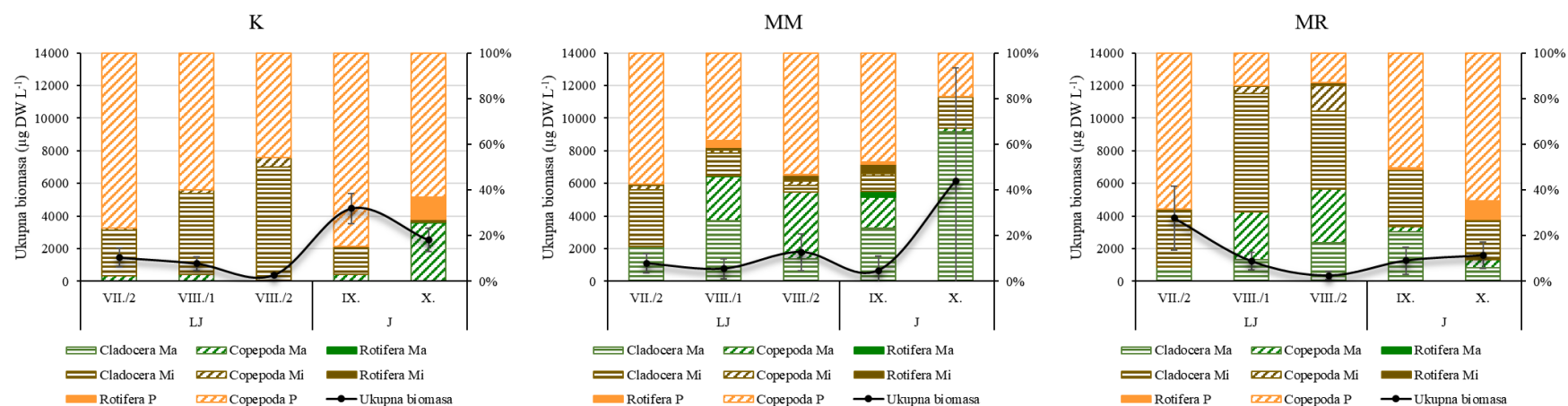
U jezeru S2, postaje S2P i S2L se nisu međusobno razlikovale s obzirom na biomase, pojedinih skupina zooplanktona i trofičke skupine (Mann-Whitney U test, $p > 0,05$). U pelagijalu jezera, S2P, najveća ukupna biomasa je zabilježena u proljeće te se smanjivala prema jeseni (Slika 35), a u litoralu, S2L, je najveća ukupna biomasa zabilježena sredinom ljeta. Početkom kolovoza je na postaji S2L biomasa planktonskih rakova mikrofiltratora, zbog velike brojnosti rašljoticalca *B. longirostris*, nadmašila biomasu predatornih veslonožaca.



Slika 34. Sezonske promjene ukupne biomase zooplanktona ($SV \pm SD$) i udjela biomase pojedinih trofičkih skupina u ukupnoj biomasi zooplanktona na postajama u jezeru S1.



Slika 35. Sezonske promjene ukupne biomase zooplanktona ($SV \pm SD$) i udjela biomase pojedinih trofičkih skupina u ukupnoj biomasi zooplanktona na postajama u jezeru S2.



Slika 36. Sezonske promjene ukupne biomase zooplanktona ($SV \pm SD$) i udjela biomase pojedinih trofičkih skupina u ukupnoj biomasi zooplanktona na kontrolnoj točki (K) i u mezokozmosima (MM i MR).

Na kontrolnoj točki mezokozmosa, K, ukupna biomasa zooplanktona je bila najveća u jesenskom razdoblju (Slika 36). Predatorski veslonošci, adultni stadiji vrste *M. albidus*, su uglavnom najviše doprinijeli biomasi zooplanktona kontrolne točke. U mezokozmosima su rašljoticalci, predstavljeni i većim vrstama *Simocephalus vetulus*, *Moina brachiata*, *Daphnia longispina* i *Ceriodaphnia quadrangula*, imali veći udio u ukupnoj biomasi te je njihov doprinos ukupnoj biomasi varirao oko 43 % u mezokozmosu MR, a u mezokozmosu MM oko 40 % s najvećim doprinosom krajem istraživanja (79 %; Slika 36).

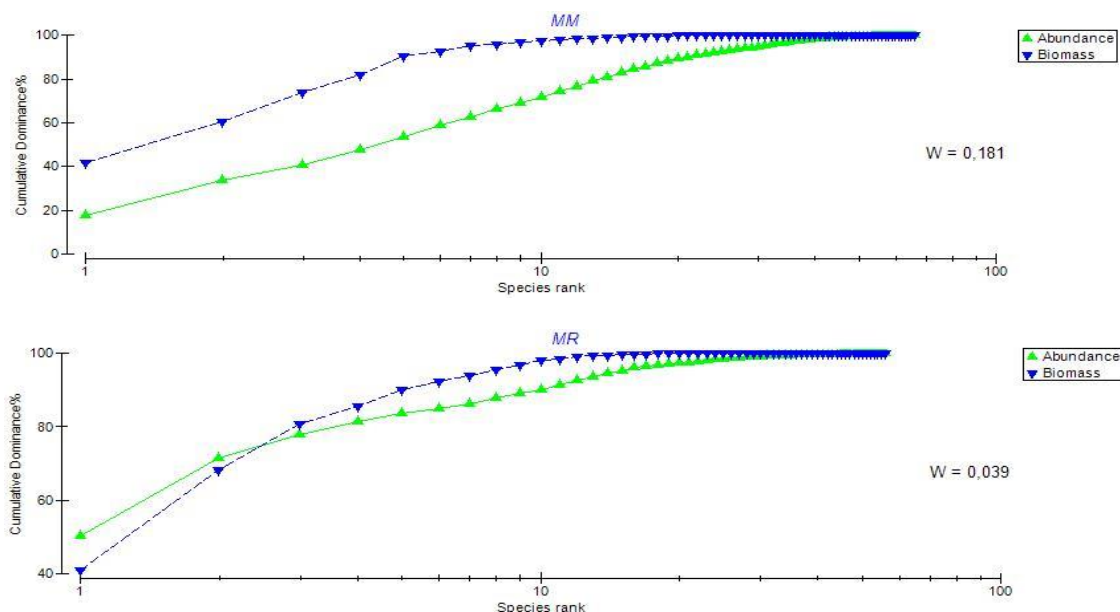
Biomasa kolnjaka mikrofiltratora je bila veća u mezokozmosu MM u odnosu na mezokozmos MR, dok razlike biomasa ostalih razmatranih trofičkih skupina nisu bile značajne (Tablica 25). U odnosu na kontrolnu točku, K, biomase rašljoticalaca makrofiltratora te kolnjaka mikrofiltratora bile su veće u oba mezokozmosa (Tablica 25). Značajan rezultat postavljenih mezokozmosa su veće biomase rašljoticalaca makrofiltratora u mezokozmosima MM i MR u odnosu na pelagijalne postaje oba jezera i postaju S2L (Tablica 25).

Tablica 25. Značajne razlike biomase zooplanktona između mezokozmosa (MM i MR), i drugih postaja istraživanja (Mann-Whitney U test, $n = 10$, $p < 0,05$). Kratice: Ma – makrofiltratori, Mi – mikrofiltratori.

Biomase	Z (MM – MR)	Z (MM – K)	Z (MM – S1P)	Z (MM – S1M)	Z (MM – S2P)	Z (MM – S2L)
Rašljoticalci Ma		2,51	2,51		2,51	2,51
Ukupna biomasa rašljoticalaca			2,51			
Kolnjaci Ma		2,30	–2,30		2,30	
Kolnjaci Mi	2,51	2,51			2,51	2,51
Ukupna biomasa Ma					2,09	2,09
		Z (MR – K)	Z (MR – S1P)	Z (MR – S1M)	Z (MM – S2P)	Z (MM – S2L)
Rašljoticalci Ma		2,51	2,51		2,51	2,51
Rašljoticalci Mi			2,51	2,51		
Ukupna biomasa rašljoticalaca			2,51			
Kolnjaci Ma			–2,51	–2,51	2,09	
Kolnjaci Mi		2,09				
Ukupna biomasa Mi			2,30	2,51		

ABC analiza ukazala je na stanje manjeg stresa ($W = 0,181$) u mezokozmosu MM, bez predacije riba, gdje je abundancija uvijek bila manje u odnosu na biomasu. U mezokozmosu MR, s

predacijom riba, rezultati ukazuju na umjeren stres ($W = 0,039$) jer je nekoliko vrsta abundancijom nadmašilo biomasu (Slika 37).



Slika 37. ABC analiza odnosa brojnosti i biomase zooplanktona u mezokozmosima MM i MR.

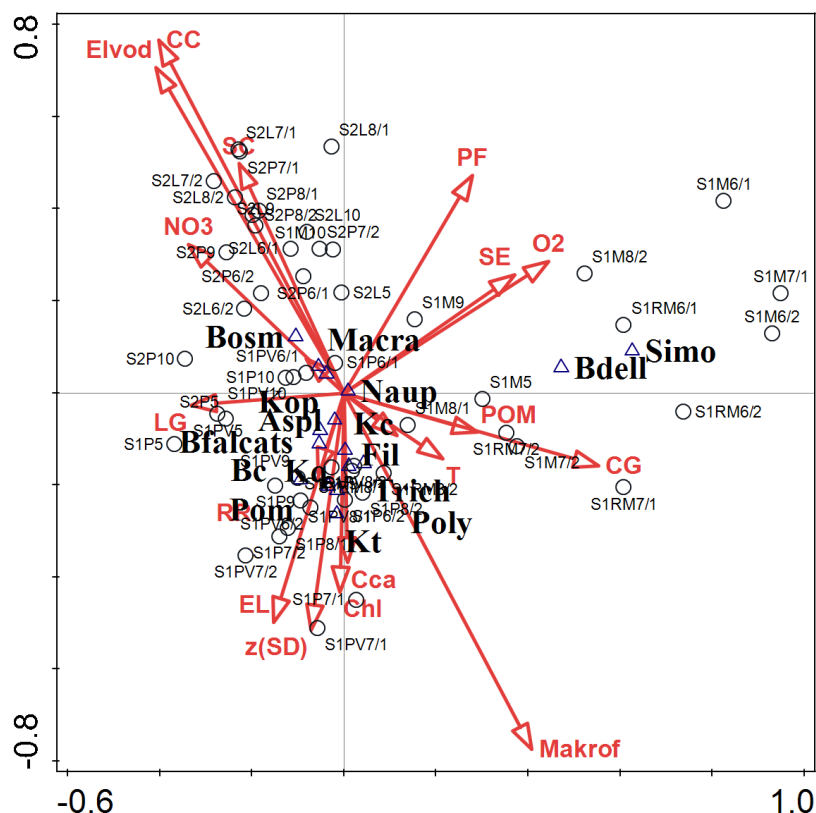
5.3.4.1 Interakcije biomasa trofičkih skupina zooplanktona i razmatranih čimbenika okoliša

S obzirom na abiotičke interakcije (Spearmanov koeficijent korelacije, $p < 0,05$; Prilog M) rezultati ukazuju na pogodovanje pokrovnosti makrofita porastu ukupne biomase zooplanktona, biomase makrofiltratora, uključujući rašljoticalaca, kao i biomase detritivornih kolnjaka te na suprotan utjecaj na biomasu rašljoticalaca mikrofiltratora. U uvjetima veće prozirnosti vode biomase kolnjaka (predatora i makrofiltratora) su bile veće, a biomase detritivornih rašljoticalaca manje (Prilog M). S povećanjem udjela prozirnosti vode zabilježena je veća biomasa algivornih rašljoticalaca (Prilog M). Biomasa predatorskih kolnjaka te ukupna biomasa kolnjaka su negativno korelirale s temperaturom, dok su biomasa predatorskih veslonožaca te posljedično ukupna biomasa predatorskog zooplanktona pozitivno korelirale s temperaturom (Prilog M). Koncentracija DOM pozitivno je korelirala s biomasom algivornih i detritivornih kolnjaka, predatorskih veslonožaca, ukupnom biomasom predatora i ukupnom biomasom zooplanktona (Prilog M).

S obzirom na izvore hrane, veća biomasa fitoplanktona pozitivno je utjecala na porast biomase algivornih veslonožaca i kolnjaka, dok su veće koncentracije POM bile povezane s većim ukupnim biomasama rašljoticalaca i veslonožaca, detritivornih kolnjaka te ukupnom biomasom zooplanktona (Prilog M).

Sagledavajući biotičke interakcije, zabilježene su značajne korelacije između trofičkih skupina te riba (Spearmanov koeficijent korelacije, $p < 0,05$; Prilog M). Biomasa predatorskih kolnjaka je pozitivno korelirala s biomasom algivornih ($r = 0,485$, $p < 0,05$) i detritivornih kolnjaka ($r = 0,354$, $p < 0,05$). Biomasa detritivornih rašljoticalaca je negativno korelirala s detritivornim kolnjacima ($r = 0,390$, $p < 0,05$). Veća ukupna brojnost riba i brojnost riba II. veličinske kategorije (5 – 10 cm) povezane su s manjom ukupnom biomasom mikrofiltratora (Prilog M). Biomasa algivornih rašljoticalaca negativno je korelirala s prosječnom biomasom i duljinom riba te većom brojnosti riba III. veličinske kategorije (> 10 cm). Ukupna biomasa rašljoticalaca negativno je korelirala s prosječnom duljinom riba, a biomasa predatornih kolnjaka i ukupna biomasa kolnjaka pozitivno. Veća biomasa predatornih kolnjaka zabilježena je i u uvjetima veće brojnosti riba III. veličinske kategorije (Prilog M).

U sagledavanju utjecaja abiotičkih i biotičkih čimbenika na biomase dominantnih vrsta zooplanktona u jezerima S1 i S2 prve dvije osi CCA analize objašnjavale su 63 % interakcija (A1 43 %, A2 20 %). Ukupno je 14 razmatranih čimbenika značajno koreliralo s biomasama dominantnih vrsta zooplanktona (Tablica 26), od kojih su se istaknuli pokrovnost makrofita, karakteristična za jezero S1, te povećana električna vodljivost i prisutnost šarana (*Cyprinus carpio*), karakteristične za jezero S2. Pokrovnost makrofita pozitivno je korelirala s biomasama razmatranih vrsta kolnjaka (npr. bdeloidni kolnjaci, *Polyarthra* spp. i *Keratella tecta*) i većeg rašljoticalca *S. vetulus*, a negativno s biomasom rašljoticalca *B. longirostris*, dok su električna vodljivost i biomasa šarana, imale suprotan učinak (Tablica 26; Slika 38). Biomasa sunčance (*Lepomis gibbosus*) negativni je korelirala s biomasom rašljoticalca *S. vetulus*, a pozitivno s biomasom rašljoticalca *B. longirostris* te pojedinih vrsta kolnjaka (*Brachionus calyciflorus* i *B. falcatus*).

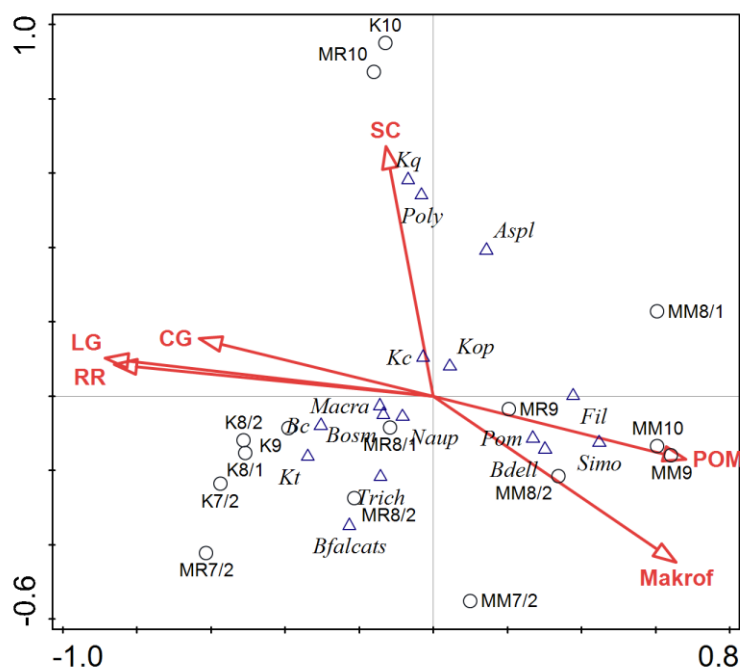


Slika 38. CCA analiza interakcija biomase dominantnih vrsta zooplanktona, biotičkih (predacije) i abiotičkih čimbenika u jezerima S1 i S2. Okolišni čimbenici: Chl – klorofil *a*; Elvod – električna vodljivost; Makrof – pokrovnost submerznih makrofita; POM – suspendirana organska tvar; z(SD) – prozirnost mjerena Secchi diskom; T – temperatura; O₂ – koncentracija otopljenog kisika; NO₃ – koncentracije nitrata. Biomasa riba: CC – šaran (*Cyprinus carpio*); CG – babuška (*Carassius gibelio*); Cca – zlatni karas (*Carassius carassius*); EL – štika (*Esox lucius*); LG – sunčanica (*Lepomis gibbosus*); RR – bodorka (*Rutilus rutilus*); PF – grgeč (*Perca fluviatilis*); SC – klen (*Squalius cephalus*); SE – crvenperka (*Scardinius erythrophthalmus*). Zooplankton: Aspl – *Asplanchna priodonta*; Bdell – *Bdelloidea*; Bc – *Brachionus calyciflorus*; Bfalcats – *Brachionus falcatus*; Fil – *Filinia longiseta*; Kc – *Keratella cochlearis*; Kq – *Keratella quadrata*; Kt – *Keratella tecta*; Poly – *Polyarthra* spp.; Pom – *Pompholyx complanata*; Trich – *Trichocerca similis*; Macra – *Macrocyclus albidus*; Kop – kopepoditi; Naup – naupliji; Bosm – *Bosmina longirostris*; Simo – *Simocephalus vetulus*.

Tablica 26. Rezultati CCA analize interakcija biomase dominantnih vrsta zooplanktona, biotičkih (predacije) i abiotičkih čimbenika u jezerima S1 i S2 (λ – udio interakcija koje čimbenik objašnjava).

Čimbenik	λ (%)	p
Pokrovnost makrofita	14,5	0,002
Šaran (<i>Cyprinus carpio</i>)	13,7	0,002
Električna vodljivost	13,5	0,002
Babuška (<i>Carassius gibelio</i>)	10,2	0,004
Koncentracija otopljenog kisika	8,	0,002
Štuka (<i>Esox lucius</i>)	7,1	0,012
Prozirnost	6,8	0,006
Crvenperka (<i>Scardinius erythrophthalmus</i>)	6,8	0,014
Nitrati	6,5	0,012
Bodorka (<i>Rutilus rutilus</i>)	6,5	0,016
Grgeč (<i>Perca fluviatilis</i>)	6,1	0,008
Klen (<i>Squalius cephalus</i>)	5,6	0,02
Temperatura	5,4	0,028
Biomasa fitoplanktona	4,9	0,046
POM	4,4	0,026
Zlatni karas (<i>Carassius carassius</i>)	4,4	0,066
Sunčanica (<i>Lepomis gibbosus</i>)	4,2	0,08

U mezokozmosima MM i MR te na kontrolnoj točki (K) prve dvije osi CCA analize objašnjavale su 76 % interakcija (A1 50 %, A2 26 %) između abiotičkih i biotičkih čimbenika te biomasa dominantnih vrsta zooplanktona. Ukupno je 6 razmatranih čimbenika značajno utjecalo na biomase zooplanktona (Tablica 27). Biomase sunčanice, *Lepomis gibbosus*, i bodorke, *Rutilus rutilus*, su izrazito negativno korelirale s biomasom velikog algivornog rašljoticalca *Simocephalus vetulus* što ukazuje na snažan predacijski pritisak ovih vrsta riba na veće rašljoticalce. Povećana pokrovnost makrofita pozitivno je korelirala s biomasom *S. vetulus*, što ukazuje na značaj submerznih makrofita kao skloništa od predacije riba (Tablica 27, Slika 39).



Slika 39. CCA analiza interakcija biomase dominantnih vrsta zooplanktona, biotičkih (predacije) i abiotičkih čimbenika u mezokozmosima i kontrolnoj točki (MM, MR i K). Okolišni čimbenici: Makrof – pokrovnost submerznih makrofita; POM – suspendirana organska tvar. Biomasa riba: CG – babuška (*Carassius gibelio*); LG – sunčanica (*Lepomis gibbosus*); RR – bodorka (*Rutilus rutilus*); SC – klen (*Squalius cephalus*). Zooplankton: Aspl – *Asplanchna priodonta*; Bdell – *Bdelloidea*; Bc – *Brachionus calyciflorus*; Bfalcats – *Brachionus falcatus*; Fil – *Filinia longiseta*; Kc – *Keratella cochlearis*; Kq – *Keratella quadrata*; Kt – *Keratella tecta*; Poly – *Polyarthra* spp.; Pom – *Pompholyx complanata*; Trich – *Trichocerca similis*; Macra – *Macrocyclus albidus*; Kop – kopepoditi; Naup – naupliji; Bosm – *Bosmina longirostris*; Simo – *Simocephalus vetulus*.

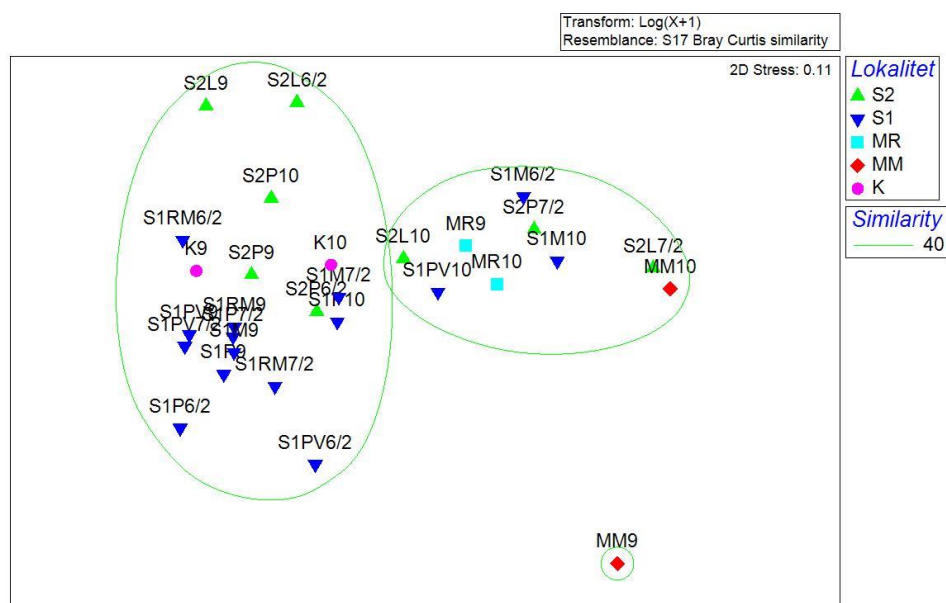
Tablica 27. Rezultati CCA analize interakcija biomase dominantnih vrsta zooplanktona, biotičkih (predacije) i abiotičkih čimbenika u mezokozmosima (MM i MR) i kontrolnoj točki K (λ – udio interakcija koje čimbenik objašnjava).

Čimbenik	λ (%)	p
Sunčanica (<i>Lepomis gibbosus</i>)	34,8	0,002
Bodorka (<i>Rutilus rutilus</i>)	33,0	0,004
Pokrovnost makrofita	24,6	0,006
POM	22,0	0,002
Babuška (<i>Carassius gibelio</i>)	20,1	0,018
Klen (<i>Squalius cephalus</i>)	11,6	0,066

5.3.5 Fekunditet zooplanktona u jezerima i mezokozmosima

Fekunditet je razmatran kroz brojnost ženki s jajima. Ova vrijednost je bila veća u jezeru S1 u odnosu na jezero S2 (Mann-Whitney U test, $n = 52$, $Z = 3,24$, $p < 0,05$), kojoj su najviše, 72 ± 38 %, doprinijele ženke kolnjaka (Mann-Whitney U test, $n = 52$, $Z = 3,61$, $p < 0,05$; Slika 41). Također, ukupna brojnost ženki s jajima i brojnost kolnjaka s jajima na postajama u jezeru S1 je bila veća nego u mezokozmosima (Mann-Whitney U test, $p < 0,05$, Tablica 28). Promjene brojnosti ženki s jajima uglavnom su pratile trendove ukupne brojnosti zooplanktona u oba jezera. Brojnost veslonožaca s jajima bila veća u ljetnom razdoblju u odnosu na proljeće (Tablica 11). U jezeru S1 je brojnost ženki s jajima varirala oko 4,7 % ukupne brojnosti zooplanktona i bila je najveća u ljetnom razdoblju, a u jezeru S2 oko 4,0 % ukupne brojnosti zooplanktona, bila je najveća u proljeće i snižavala se prema jeseni.

ANOSIM analiza je ukazala na preklapanja, ali i jasne razlike fekunditeta između jezera i mezokozmosa ($R = 0,374$, $p = 0,014$). Brojnost ženki s jajima je bila jasno različita između mezokozmosa MM i postaja u jezeru S2 ($R = 0,56$, $p = 0,044$), a još značajnije razlike zabilježene su mezokozmosa MM i postaja u jezeru S1 ($R = 0,855$, $p = 0,007$). Uglavnom, rezultati analize ukazuju na odvajanje dviju skupina: 1) postaje uglavnom s makrofitima i manje predacije riba pretežno u jesenskom razdoblju i 2) postaje bez ili s malo makrofita i izrazite predacije riba pretežno u ranoljetnom razdoblju (Slika 40).



Slika 40. Udruživanje postaja s obzirom na brojnost ženki s jajima u jezerima S1 i S2, mezokozmosima MM i MR te na kontrolnoj točki K (NMDS temeljem Bray-Curtis indeksa sličnosti).

Postaje u jezerima nisu međusobno značajno razlikovale prema brojnosti veslonožaca s jajima, iako su ženke s jajima vrste *M. albidus*, zabilježene na svim postajama u oba jezera osim S1RM, postigle najveću brojnost u pridnenom sloju pelagijala jezera S1 ($S1PV_{VI/2} 25 \pm 31 \text{ jed. L}^{-1}$).

U jezeru S1 je brojnost kolnjaka s jajima varirala oko $193 \pm 281 \text{ jed. L}^{-1}$, a planktonskih rakova s jajima zabilježeno je svega nekoliko jedinki, veslonožaca $3 \pm 6 \text{ jed. L}^{-1}$, a rašljoticalaca $4 \pm 11 \text{ jed. L}^{-1}$ (Slika 41). Brojnosti ženki s jajima pojedinih vrsta su bile $< 100 \text{ jed. L}^{-1}$ uz izuzetak vrsta kolnjaka na pelagijalnim postajama i rubu makrofita. *K. cochlearis* je bila najbrojnija vrsta kolnjaka s jajima u jezeru S1 u prvoj polovini istraživanja ($S1M_V 101 \pm 41 \text{ jed. L}^{-1}$; $S1P_{VI/2} 449 \pm 178 \text{ jed. L}^{-1}$; $S1PV_{VI/2} 627 \pm 95 \text{ jed. L}^{-1}$), a *A. fissa* tijekom kasnoljetnog maksimuma ($S1_{VIII/1} 574 \pm 352 \text{ jed. L}^{-1}$). Postaje u jezeru S1 su se razlikovale prema brojnosti rašljoticalaca s jajima (Kruskal-Wallis test $H_{(3, 34)} = 7,92$; $p < 0,05$), koja je bila veća na postaji S1M u odnosu na druge postaje jezera S1 (*post hoc* test višestruke usporedbe; $p > 0,05$). Rašljoticalci s jajima na postaji S1M su početkom ljeta i u jesen bili najbrojnija skupina s jajima, unatoč brojnosti $< 20 \text{ jed. L}^{-1}$. U pelagijalu je najveća brojnost rašljoticalaca s jajima (vrsta *B. longirostris*) zabilježena u pridnenom sloju vode u proljeće ($S1PV_V 65 \pm 54 \text{ jed. L}^{-1}$), a kasnije se kretala od 4 do 13 jed. L^{-1} , dok na S1P brojnost nije bila veća od 10 jed. L^{-1} . Na postaji S1RM rašljoticalci s jajima su zabilježeni u maloj brojnosti (oko 1 jed. L^{-1}).

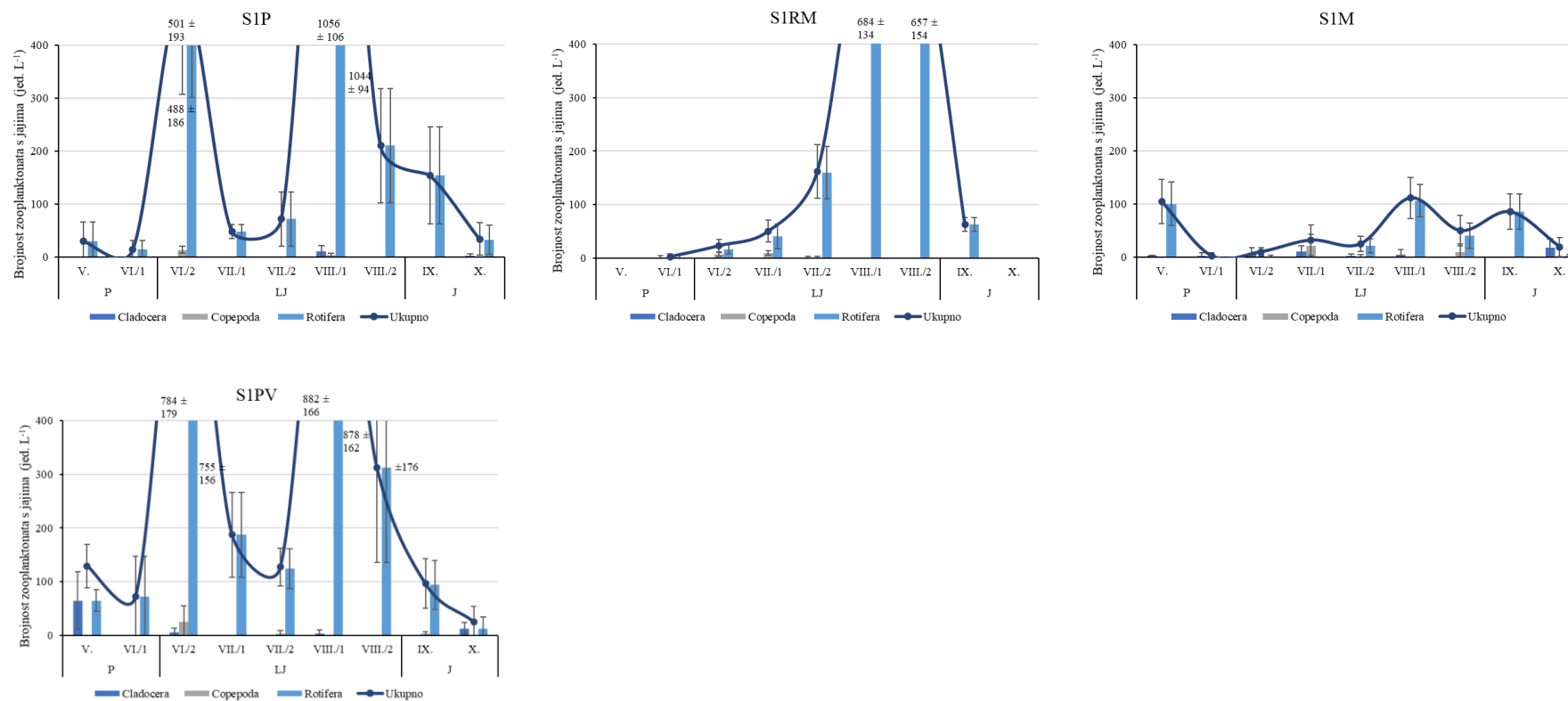
U jezeru S2 je brojnost kolnjaka s jajima prosječno iznosila $35 \pm 92 \text{ jed. L}^{-1}$, veslonožaca svega $1 \pm 2 \text{ jed. L}^{-1}$, a rašljoticalaca nešto više, $11 \pm 20 \text{ jed. L}^{-1}$. Brojnosti ženki s jajima pojedinih vrsta su bile uglavnom $< 100 \text{ jed. L}^{-1}$, uz izuzetak vrste *K. cochlearis* u litoralu jezera S2 početkom istraživanja ($390 \pm 136 \text{ jed. L}^{-1}$) kada su kolnjaci ujedno najviše doprinijeli ukupnoj brojnosti zooplanktona s jajima (Slika 42). U jezeru S2 rašljoticalci s jajima, odnosno vrsta *B. longirostris* bila je najbrojnija tijekom ljetnog razdoblja, s najvećom brojnosti u pelagijalu početkom srpnja ($S2P_{VII/1} 31 \pm 17 \text{ jed. L}^{-1}$), a u litoralu, S2L, u drugoj polovini ljeta ($S2L_{VIII/1} 78 \pm 27 \text{ jed. L}^{-1}$).

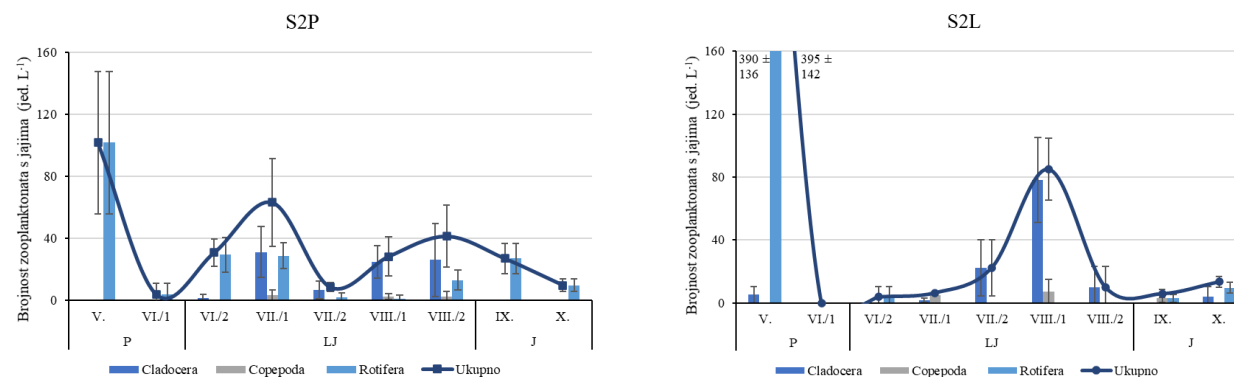
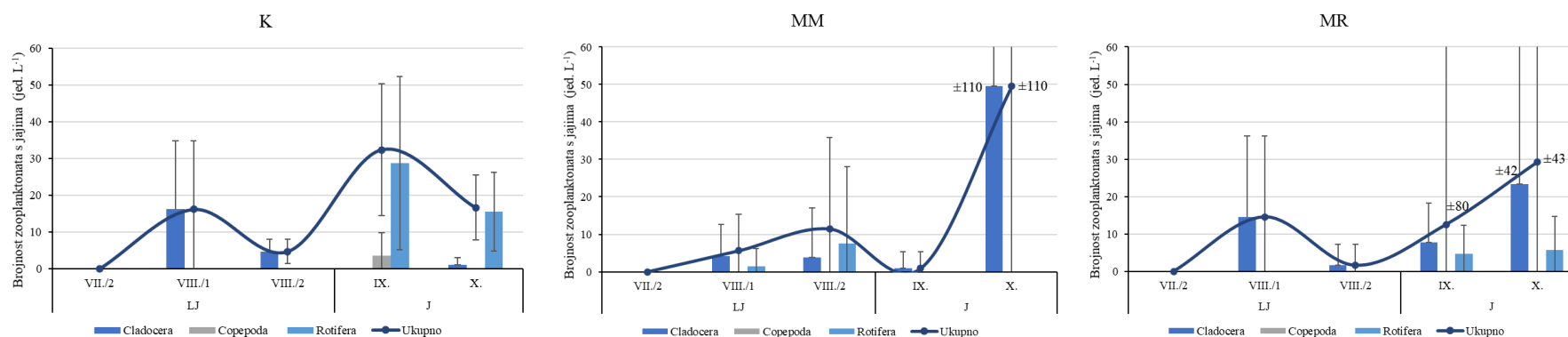
Na postajama uključenima u mezokozmos udio ženki s oplođenim jajašcima u ukupnoj brojnosti zooplanktona je bio manji nego u jezerima te je na kontrolnoj točki, K, iznosio svega $1,8 \pm 1,3 \%$, u mezokozmosu MM $1,5 \pm 2,1 \%$, a u MR $1,3 \pm 1,3 \%$. Brojnost kolnjaka s jajima na postaji K je varirala oko $9 \pm 13 \text{ jed. L}^{-1}$, u mezokozmosima MM i MR oko $2 \pm 3 \text{ jed. L}^{-1}$. Na kontrolnoj točki i u mezokozmosu MR, kolnjaci (npr. *Keratella quadrata*) s jajima su zabilježeni u jesenskom razdoblju (Slika 43), a mezokozmosu MM samo krajem ljeta (VIII./1 i VIII./2). Jedinke vrste *M. albidus* s jajima zabilježene su na postaji K jedino tijekom jesenskog

maksimuma (K_{IX} 4 ± 6 jed. L^{-1}), dok u mezokozmosima nisu zabilježene. Brojnost rašljoticalaca s jajima na postaji K varirala je oko 4 ± 7 jed. L^{-1} , u mezokozmosu MM oko 11 ± 21 jed. L^{-1} , a u MR oko 9 ± 10 jed. L^{-1} . Na kontrolnoj točki K, rašljoticalac *B. longirostris* s jajima je bio najbrojniji krajem ljeta ($K_{VIII/1}$ 16 ± 19 jed. L^{-1}) kada je bio i jedina vrsta zooplanktona s jajima na postaji. U mezokozmosima MM i MR su rašljoticalci s jajima zabilježeni od početka kolovoza do jeseni, s najvećom brojnosti na kraju istraživanja (MM_X 50 ± 110 jed. L^{-1} ; MR_X 23 ± 42 jed. L^{-1}).

Tablica 28. Značajne razlike brojnosti jedinki s jajima između mezokozmosa (MM i MR), kontrolne točke (K) i postaja u jezerima S1 i S2 (Mann-Whitney U test, $n = 10$, $p < 0,05$).

	Z (MM – S1P)	Z (MM – S1PV)	Z (MM – S1RM)	Z (MM – S1M)
Brojnost zooplanktona s jajima	–2,30	–2,30	–2,33	–2,10
Brojnost kolnjaka s jajima	–2,51	–2,51	–2,33	–2,30
	Z (MR – S1P)	Z (MR – S1PV)	Z (MR – S1RM)	Z (MR – S1M)
Brojnost zooplanktona s jajima	–2,51	–2,30	–2,33	–2,10
Brojnost kolnjaka s jajima	–2,51	–2,51	–2,33	–2,10

Slika 41. Sezonske promjene brojnosti ženki s jajima ($SV \pm SD$) na postajama u jezeru S1.

Slika 42. Sezonske promjene brojnosti ženki s jajima ($SV \pm SD$) na postajama u jezeru S2.Slika 43. Sezonske promjene brojnosti ženki s jajima ($SV \pm SD$) u mezokozmosima i kontrolnoj točki.

Pokrovnost makrofita i raspoloživost hrane (biomasa fitoplanktona i koncentracija POM) su pozitivno utjecali na ukupnu brojnost zooplanktona s jajima i brojnost kolnjaka s jajima (Tablica 29). Nadalje, porast prosječne duljine riba je bio praćen porastom brojnosti kolnjaka s jajima ($r = 0,419$, $p < 0,05$). Rezultati istraživanja ukazali su na negativan utjecaj prozirnosti i ukupne biomase riba na brojnost rašljoticalaca s jajima ($r = -0,382$, $p < 0,05$), dok su više temperature pogodovala većoj brojnosti veslonožaca s jajima (Tablica 29).

Značajnost makrofita u strukturiranju fekunditeta kao obilježja zooplanktona pokazuju i rezultati provedene CCA analize (A1+A2 53 %) gdje je pokrovnost makrofita značajno utjecala na brojnost ženki s jajima (objašnjavala je 8% interakcija, $p < 0,002$). Prve dvije osi CCA analize objašnjavaju samo 53 % interakcija abiotičkih i biotičkih čimbenika na fekunditet zooplanktona, stoga ostali parametri nisu detaljnije razmatrani.

Tablica 29. Značajne korelacije brojnosti ženki s jajima i razmatranih čimbenika okoliša (Spearmanov koeficijent korelacije, r , $p < 0,05$)

Brojnost ženki s jajima	Okolišni čimbenici			Izvori hrane	
	Pokrovnost makrofita (%)	Prozirnost (Z_{SD} , m)	Temperatura ($^{\circ}C$)	Fitoplankton (μg Chl a L^{-1})	POM (mg AFDM L^{-1})
Ukupna brojnost zooplanktona	0,479			0,409	0,278
Kolnjaci	0,457			0,459	
Veslonošci			0,311		
Rašljoticalci		-0,348			

6 RASPRAVA

Istraživanje je provedeno u dva plitka jezera, nastala u rukavcu rijeke Sutle, sličnog stupnja trofije, eutrofna do hipereutrofna, međutim u različitim alternativnim stanjima. U jezeru S1 su dominirali submerzni makrofiti, kruta voščika (*Ceratophyllum demersum*), te je očekivano imalo veću prozirnost vode u odnosu na jezero S2, s prisutnim izrazito bentivornim ribama, koje su bioturbacijom i prehranom uzrokovale nestanak submerznih makrofita te povećanu mutnoću vode. U jezeru S2, mutnoća nije bila posljedica isključivo razvoja fitoplanktona, već i visokih koncentracija suspendiranih organskih, te također anorganskih, čestica čime su rezultati ovoga rada odstupili od modela funkcioniranja plitkih u alternativnim stanjima koji su postavili Scheffer i sur. (1993; Slika 44). Doprinos istraživanja su i rezultati dobiveni mezokozmosima u kojima su koncentracije nutrijenata odgovarale prirodnim uvjetima, a izmijenjeni su isključivo biotički čimbenici s ciljem utvrđivanja mogućnosti primjene biološke metode uspostave sastojina submerznih makrofita u restauraciji plitkih jezera. U oba mezokozmosa, makrofiti su poboljšali okolišne uvjete i omogućili uspostavljanje uravnoteženih biocenoza s efikasnim algivorima, odnosno velikim rašljoticalcima u zooplanktonu, čak i uz prisutnost riba, čime se dokazao potencijal učinkovite primjene sastojina submerznih makrofita u restauraciji plitkih jezera toplijeg umjerenog pojasa.

Okolišni abiotički i biotički čimbenici

Pokrovnost makrofita i predacija riba razmatrani su kao pokretači promjena u funkcioniranju plitkih jezera, što je i potvrđeno provedenim analizama. Njihov utjecaj na uvjete okoliša odražava se i kroz odnose pojedinačnih trofičkih indeksa. U jezeru S1, tijekom proljeća te u vrijeme minimuma biomase fitoplanktona (početkom srpnja) odnos trofičkih indeksa ($TSI_{TP} > TSI_{SD} > TSI_{Chl\ a}$) sugerira da su suspendirane čestice organske i/ili anorganske tvari, a ne nužno fitoplankton, utjecale na prozirnost vode. U fitoplanktonu su vjerojatno dominirale manje alge, čija je biomasa kontrolirana hranjenjem zooplanktona. Stoga je biomasa fitoplanktona u jezeru S1 bila niža nego što bi sugerirale koncentracije ukupnog fosfora (Carlson i Havens, 2005). Krajem srpnja, uslijedio je porast biomase fitoplanktona praćen promjenom odnosa trofičkih indeksa ($TSI_{TP} > TSI_{Chl\ a} > TSI_{SD}$) koji sugerira da su u biomasi fitoplanktona dominirale velike cijanobakterije koje manje ometaju prodor svjetla nego ista biomasa manjih algi, a koja je bila kontrolirana hranjenjem zooplanktona (Carlson i Havens, 2005). Početkom i krajem ljeta te tijekom jeseni TSI_{TP} je bio veći od približno jednakih vrijednosti $TSI_{Chl\ a}$ i TSI_{SD} što ukazuje

na značaj fitoplanktona u smanjenju prozirnosti vode, kao i da fosfor nije bio ograničavajući čimbenik razvoja biomase fitoplanktona, već je biomasa fitoplanktona vjerojatno bila kontrolirana prehranom zooplanktona ili smanjenim koncentracijama dušika (Carlson i Havens, 2005). U jezeru S2, odnosi vrijednosti trofičkih indeksa nisu se mijenjali tijekom istraživanja ($TSI_{TP} > TSI_{SD} > TSI_{Chl\ a}$) te su ukazivali na značaj utjecaja suspendiranih čestica organske i anorganske tvari na prozirnost vode, vjerojatnu dominaciju manjih alga kontroliranu hranjenjem zooplanktona te posljedično manju biomasu fitoplanktona nego što bi sugerirale koncentracije ukupnog fosfora (Carlson i Havens, 2005). Isti autori, nadalje zaključuju da u jezerima koja imaju odnos trofičkih indeksa kao u jezeru S2 biomanipulacija hranidbene mreže, s ciljem postizanja veće brojnosti velikih rašljoticalaca, može postići željene rezultate smanjenja biomase fitoplanktona.

Utvrđene veća biomasa fitoplanktona te veće koncentracije suspendiranih organskih čestica u prozirnom jezeru s makrofitima (S1) u donosu na jezero u mutnom stanju (S2) odstupaju od rezultata u plitkim jezerima sa ili bez submerznih makrofitima u sjevernom umjerenom području (Jackson, 2003; Schou i sur., 2009; Hilt, 2015). Na slične uvjete u jezerima S1 i S2 ukazali su i rezultati istraživanja provedenog u ljetnom razdoblju godinu dana ranije (Špoljar i sur., 2018a). Povećane koncentracije klorofila *a* i suspendiranih organskih tvari posljedica su erozije epifitona s površine makrofita do koje dolazi zbog starenja alga te mehaničke abrazije epifitona uslijed djelovanja struja (Kreuzinger-Janik i sur., 2015), hranjenja makrobeskralježnjaka i zooplanktona epifitonom (Iwan Jones i Sayer, 2003; Špoljar i sur., 2012b, 2018a), ali i raspadanja samih makrofita (Marinho i sur., 2010; Ejankowski i Solis, 2015; Špoljar i sur., 2017a). Kruta voščika, u jezerima umjerene klime, uobičajeno postiže najveću biomasu tijekom lipnja/srpnja nakon čega se gustoća i pokrovnost njenih sastojina smanjuje te se minimumi bilježe u rujnu/listopadu (Ejankowski i Solis, 2015). Slične promjene pokrovnosti makrofita zabilježene su i u ovom istraživanju, s maksimumom u srpnju i smanjenjem do listopada. Kuczyńska-Kippen (2007) je u plitkim jezerima zapadne Poljske, također utvrdila veće koncentracije klorofila *a* u pojasevima submerznih makrofita veće kompleksnosti habitusa kao što je *C. demersum*. Sastojine submerznih makrofita smanjuju brzinu valova i strujanja vode što omogućuje bržu sedimentaciju čestica sestona, posebno kada su biljke visoke te zauzimaju veći udio stupca vode, kao što je bilo u litoralu jezera S1 (Vermaat i sur., 2000; Madsen i sur., 2001). Suspendirane čestice u gustim sastojinama krute voščike taložile su se i na listove makrofita s kojih su, uslijed djelovanja površinskih valova i struja, kretanja riba, kao vjerojatno i samog uzorkovanja, resuspendirane u stupac vode (Pluntke i

Kozerski, 2003; Palmer i sur., 2004; Ejankowski i Solis, 2015). Iz navedenog se može zaključiti da su submerzni makrofiti doprinijeli prozirnosti jezera u pelagijalu, unatoč povišenim koncentracijama fitoplanktona i suspendiranih organskih čestica prvenstveno u litoralnom području. Prozirnost vode, odnosno dubina prodora svjetla značajna je za razvoj submerznih makrofita, a porast razine vode u jezerima može značajno smanjiti količinu svjetla i potisnuti razvoj makrofita (Špoljar i sur., 2018b; Stefanidis i sur., 2019). Stoga je u istraživanju razmatran i udio prozirnog stupca vode koji dovodi u odnos prozirnost i razinu vode jezera te koji je očekivano bio veći u jezeru S1 sa submerznim makrofitima i veće prozirnosti.

Izvori hrane, fitoplankton i suspendirana organska tvar, nisu pokazivali značajne sezonske varijacije, iako su one bile uočljive. Veća raspoloživost fitoplanktona ljeti, objašnjava veću brojnost i biomasu makrofiltratorskih algivornih kolnjaka te veće biomase algivornih makrofiltratorskih veslonožaca u prirodnim i mezokozmos uvjetima. Veće koncentracije suspendirane organske tvari u ljetno-jesenskom razdoblju pozitivno su utjecale na brojnost i biomasu mikrofiltratorskih kolnjaka, ukupnu biomasu rašljoticalaca (zbog visokog udjela mikrofiltratorskih rašljoticalaca, manje veličine tijela i manje izloženih predacijskom pritisku riba) i veslonožaca te ukupnu biomasu zooplanktona. Navedene korelacije indiciraju značaj *bottom-up* kontrolnog mehanizma brojnosti kolnjaka i veslonožaca (Li i sur., 2020). Navedeni rezultati su u skladu sa zaključcima istraživanja koje su proveli Du i sur. (2015) modeliranjem funkcioniranja hranidbene mreže u pet jezera smještenih oko srednjeg toka rijeke Jangce u jugoistočnoj Kini. Utvrdili su da je raspoloživost hrane značajnija u kontroli biomase kolnjaka i ciklopodnih veslonožaca nego predacija planktivornih riba.

Prisutnost submerznih makrofita u jezerima utječe na abiotičke i biotičke uvjete koji rezultiraju promjenama funkcionalnih obilježja zooplanktona u odnosu na jezera povećane mutnoće (Kuczyńska-Kippen i Klimaszyk, 2007; Špoljar i sur., 2017a, 2018a). Viši stupanj trofije može značajno utjecati na povećanje pokrovnosti i gustoće sastojina submerznih makrofita (Stefanidis i sur., 2019). Kruta voščika (*C. demersum*) je vrsta submerznih makrofita koja može opstati i u degradiranim, eutrofnim ekosustavima (Kuczyńska-Kippen, 2020), a kao brzorastuća vrsta, može u kratkom vremenskom razdoblju postati dominantna vrsta plitkih eutrofnih jezera (Pelechaty i sur., 2014; Stefanidis i sur., 2019), kao što je bio slučaj u jezeru S1 tijekom ovog i prethodnog istraživanja (Špoljar i sur., 2018a). Kruta voščika može rasti u uvjetima povećane mutnoće, uslijed povećane resuspenzije sedimenta, ali i veće abundancije fitoplanktona (Ejankowski i Solis, 2015). Navedeno su obrazložili tolerancijom vrste na smanjenje količine

svjetla, što je glavni razlog zašto je vrsta uobičajena i dominantna u produktivnijim, eutrofnim jezerima (Ejankowski i Solis, 2015).

Električna vodljivost bila je značajan čimbenik u strukturiranju biocenoza istraživanih jezera, a općenito utječe na pokrovnosti i raznolikosti sastojina makrofita (Stefanidis i sur., 2019). Utvrđene niže vrijednosti električne vodljivosti u jezeru S1 sa submerznim makrofitima, te više u jezeru S2 bez makrofita, u skladu su s istraživanjima koja uključuju i rasprostranjenost submerznih makrofita (Špoljar i sur., 2018a; Van Onsem i Triest, 2018). Većina vrsta submerznih makrofita se razvija kod vrijednosti električne vodljivosti između $200 - 400 \mu\text{S cm}^{-1}$, iako kruta voščika može opstati i u uvjetima električne vodljivosti veće od $800 \mu\text{S cm}^{-1}$ (Stefanidis i sur., 2019). Električna vodljivost u oba jezera je bila unutar vrijednosti karakterističnih za kopnene vode ($< 670 \mu\text{S cm}^{-1}$) koje omogućuju razvoj raznolike biocenoze (Kalff, 2002; Malekzadeh Viayeh i Špoljar, 2012).

Električna vodljivost je u ljetnom razdoblju bila niža nego u proljeće, što je suprotno očekivanju da se pri višim temperaturama bilježi viša električna vodljivost koja ujedno doprinosi smanjenju koncentracija otopljenog kisika (Kalff, 2002; Jeppesen i sur., 2014). U ovom istraživanju električna vodljivost je pozitivno korelirala s nitratima, temeljem čega se zaključuje da su značajno više koncentracije nitrata u jezeru S2 doprinijele razlici električne vodljivosti jezera te da je smanjenje koncentracija nitrata u ljetnom razdoblju doprinijelo nižim vrijednostima električne vodljivosti u odnosu na proljetno razdoblje. Također, dekalifikacija, kao posljedica asimilacije bikarbonata uslijed fotosinteze u gustim sastojinama, velike pokrovnosti, krute voščike u jezeru S1 mogla je doprinijeti snižavanju električne vodljivosti tijekom ljetnog razdoblja (Pęczyła i sur., 2012).

Oscilacije koncentracija nitrata tijekom istraživanja tumače se kao posljedica razvoja makrofita u jezeru S1 te povećanog razvoja fitoplanktona u oba jezera, na što ukazuje smanjenje koncentracije nitrata u ljetnom razdoblju kada se značajno povećala pokrovnost makrofita u jezeru S1 te je zabilježen porast biomase fitoplanktona u oba jezera. Na asimilaciju nitrata u biomasu fitoplanktona ukazuje i negativna korelacija koncentracija nitrata i klorofila *a* ($r = 0.15$, $p > 0.05$). Vjerojatno je na smanjenje koncentracije nitrata ljeti utjecala i smanjena brzina nitrifikacije u uvjetima nižih koncentracija otopljenog kisika (Quirós, 2003). Rezultati istraživanja Kuczyńskiej-Kippen i sur. (2020) koje je uključivalo nekoliko lokaliteta kontinentalne Hrvatske, umjerenog klimatskog pojasa, ukazalo je, kao i ovo istraživanje, na negativan učinak povećanih koncentracija nitrata na raznolikost zooplanktona, posebno na

raznolikost rašljoticalaca. Povećanje koncentracija nitrata omogućava razvoj biomase fitoplanktona, posebno cijanobakterija koje nisu pogodna hrana za niz vrsta zooplanktona, posebno većih algivornih rašljoticalaca, te uzrokuju promjenu sastava zooplanktona prema vrstama koje su otporne na njihove toksine, prilagođene hranjenju cijanobakterijama ili mogu promijeniti način ishrane u selektivan odabir čestica (Lampert, 1987; Onandia i sur., 2015; Ger i sur., 2016).

Od analiziranih čimbenika još su koncentracije otopljenog kisika, ortofosfata, ukupnog dušika i otopljene organske tvari te pH ukazivali na značajne sezonske razlike. Sezonske varijacije koncentracija otopljenog kisika su bile, očekivano, najmanje ljeti kao posljedica smanjenja topivosti plinova s porastom temperature (Kalff, 2002). Negativna korelacija koncentracija otopljenog kisika s koncentracijama suspendirane organske tvari ukazuje na potrošnju kisika u bakterijskoj razgradnji organskih tvari (Robarts i Carr, 2009). Bakterijska aktivnost je dodatno doprinijela ljetnom sniženju koncentracija otopljenog kisika jer se u plitkim eutrofnim jezerima umjerenog klimatskog pojasa ljeti uz povećanu produkciju istovremeno odvija i intenzivna bakterijska razgradnja organske tvari (Kisand i Nõges, 2004).

Niže pH vrijednosti u ljetnom razdoblju obilježenom najvećom pokrovnosti makrofita te razvijenom biomasom fitoplanktona, odnosno u razdoblju intenzivne fotosinteze, također sugeriraju da je u jezerima bila vrlo intenzivna razgradnja organske tvari. Prilikom razgradnje organske tvari oslobađa se ugljikov dioksid koji uzrokuje niže pH vrijednosti, dok iskorištavanje ugljikova dioksida u procesu fotosinteze povisuje pH vrijednost (Tomec, 1997; Kalff 2002).

Raspoloživost nutrijenata odražavala je dominantne metaboličke procese, fotosintezu i razgradnju. Iz navedenog proizlazi da su koncentracije ukupnog dušika (TN) bile značajno veće u razdoblju povećane biomase fitoplanktona i povećane bakterijske razgradnje, odnosno proljetno-ljetnom razdoblju, dok su niže koncentracije zabilježene u jesenskom razdoblju. Povećane koncentracije neoksidiranih ionskih i otopljenih organskih stanja dušika tijekom proljetnog i ljetnog razdoblja posljedica su intenzivne produkcije (Quirós, 2003). Također, u uvjetima viših temperatura i smanjenih koncentracija otopljenog kisika smanjuje se brzina nitrifikacije i kapacitet sedimenta za apsorpciju amonijevih iona čime se povećava njihova koncentracija u stupcu vode (Quirós, 2003).

Koncentracije ortofosfata, kao glavnog pokretača primarne produkcije vodenih ekosustava, su korelirale negativno s biomasom fitoplanktona ($r = -0.18$, $p > 0,05$) što ukazuje na povećanu ugradnju ovog nutrijenta u biomasu alga. Također, kruženje fosfora u vodenim ekosustavima i sezonska dinamika fosfora u istraživanim jezerima odstupa od PEG modela (eng. *Plankton Ecology Group Model* PEG, Sommer i sur., 1986) uslijed značajno manjih koncentracija ortofosfata u proljeće u odnosu na jesen.

Koncentracije otopljene organske tvari, DOM, su bile više u proljetnom i ljetnom razdoblju, u uvjetima viših temperatura, što se može povezati s većom biomasom fitoplanktona i većom brojnosti zooplanktona koji metabolizmom i ugibanjem stanica otpuštaju DOM ((Robarts i Carr, 2009). Nadalje, ovim rezultatima govore u prilog i povećan unos otopljene organske tvari koja dolazi u vodene ekosustave ispiranjem s poljoprivrednih površina uslijed intenzivnih padalina u proljetnom i ljetnom razdoblju (Joniak i Kuczyńska-Kippen, 2010). Krajem ljetnog razdoblja DOM se dodatno otpušta u jezeru starenjem i razgradnjom makrofitskih sastojina (Špoljar i sur., 2017a). Pozitivne korelacije koncentracija otopljene organske tvari i biomase fitoplanktona te brojnosti zooplanktona utvrđene u ovom istraživanju potvrđuju značaj DOM u kompleksnim hranidbenim mrežama jezerskog ekosustava. Prema pojednostavljenom modelu mikrobne petlje, bakterijama, koje iskorištavaju DOM, hrani se zooplankton manjih dimenzija (heterotrofni bičaši i trepetljikaši) koji je izvor hrane većim jedinkama zooplanktona (Azam i sur., 1983; Li i sur., 2014). Heterotrofnim bičašima se mogu hraniti podjednako učinkovito kolnjaci i rašljoticalci, manjim trepetljikašima mogu se hraniti kolnjaci, a kopepodni rakovi i rašljoticalci većim trepetljikašima (Jürgens i sur., 1997; Meira i sur., 2017). Tijekom istraživanja u većoj brojnosti su zabilježene vrste planktonskih trepetljikaša skupine Tintinnida te sesilnog roda *Vorticella*, koji su pogodna hrana kolnjaka (Sanders i Wickham 1993, Jung, 2012). Uzimajući u obzir mikrobnu petlju, pozitivna korelacija koncentracija DOM i brojnosti kolnjaka te ukupnog zooplanktona sugerira da je protozooplankton, uz fitoplankton i POM, bio važan segment prehrane kolnjaka, ali i drugih skupina u istraživanim jezerima.

Ihtiofauna. Jedan od bitnih antropogenih utjecaja na jezera je sportski ribolov, prisutan u istraživanim jezerima, zbog čega se jezera periodično poribljavaju i ribe dohranjuju. Poribljavanje značajno određuje sastav riba u jezerima, a dohranjivanjem riba i korištenjem mamaca tijekom ribolova unose se hranjive tvari u jezera S1 i S2.

Horizontalna raspodjela riba, njihovih veličinskih kategorija i biomasa bile su pod značajnim utjecajem sastojina submerznih makrofita u jezeru S1. Ribe najmanje veličinske kategorije, do

5 cm duljine, su bile brojnije među makrofitima u kojima su našle sklonište od piscivora (štuke), dok su u pelagijalu veće jedinke (veće od 10 cm, III. veličinske kategorije) bile brojnije te su ribe prosječno imale veću biomasu. Slična horizontalna raspodjela riba je utvrđena i prethodnim istraživanjem u jezeru S1, kada su također ribe manje veličine tijela bile brojnije u litoralu, unutar sastojina makrofita, a veće ribe, veće biomase, u pelagijalu (Špoljar i sur., 2018a).

U smislu utjecaja na zooplanktonsku zajednicu, sastav ihtiofaune je bio ključan u strukturiranju biocenoza istraživanih plitkih eutrofnih jezera, odnosno u jezeru S1 značajna je bila prisutnost štuke, a u jezeru S2 šarana (Slika 44). Štuka (*E. lucius*) kao vršni predator, piscivor, može kontrolirati brojnost zooplanktivornih vrsta riba, odnosno ublažiti predacijski pritisak na veći algivorni plankton te pridonijeti održavanju prozirnog stupca vode, pa se često koristi u zahvatima biomanipulacije iako je mlađ štuke zooplanktivorna (Jeppesen i sur., 2012; Nunn i sur., 2012).

Šaran (*C. carpio*) u jezerima utječe na sastav i povećanje biomase fitoplanktona, kvalitetu vode te kruženje nutrijentima, posebno dušikovih spojeva, kroz ekskreciju, a bioturbacijom na porast koncentracije suspendiranih čestica koje povećavaju mutnoću vode i smanjuju količinu i dubinu prodora svjetlosti čime posredno negativno utječe na pokrovnost submerznih makrofita (Matsuzaki i sur., 2007; Špoljar i sur., 2018a). Šaran se može hraniti izdancima biljaka ili ih odvajati od sedimenta te i izravno negativno utjecati na pokrovnost submerznih makrofita (Matsuzaki i sur., 2007).

U jezeru S2 su u pelagijalu ulovljene prosječno dulje ribe nego u jezeru S1, što je u skladu s istraživanjem Hayesa i sur. (1992) koji su zabilježili veću duljinu pojedinih vrsta riba u uvjetima povećane mutnoće u odnosu na uvjete veće prozirnosti vode, što su objasnili većom biomasom hrane koja je kompenzirala gubitak skloništa u submerznim makrofitima. U jezeru S2 bez submerznih makrofita nisu utvrđeni piscivori, a ribe su se mogle hraniti, osim planktonom, i makrozoobentosom koji u litoralu jezera, prema rezultatima ranijeg istraživanja, dolazi u znatnoj gustoći, većoj od 1000 jed. m⁻² (Špoljar i sur., 2018a).

Zaključno, unatoč sličnim morfometrijskim obilježjima i stupnju trofije, jezera S1 i S2 su se nalazila u različitim alternativnim stanjima te su rezultati istraživanja ukazali na značajne razlike okolišnih uvjeta u istraživanim jezerima. Prozirnost vode je bila veća u jezeru sa submerznim makrofitima, koji ubrzavaju sedimentaciju suspendiranih čestica, te u kojem nije zabilježen šaran, koji može izravno oštetiti sastojine submerznih makrofita i bioturbacijom

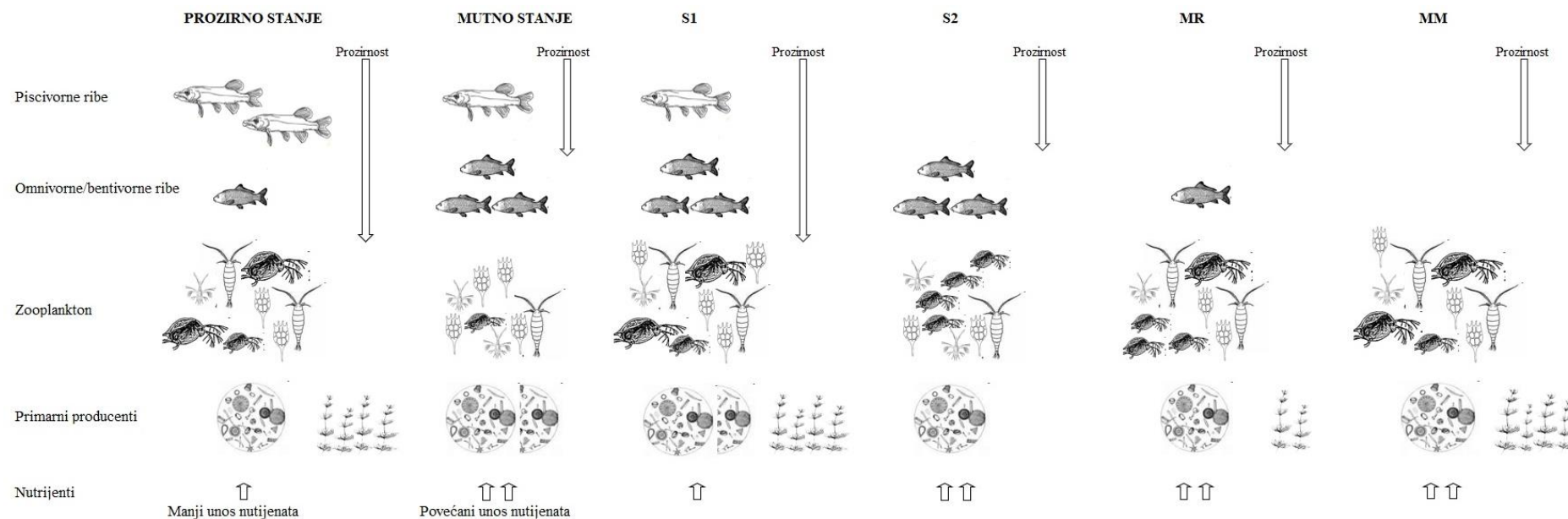
povećati mutnoću jezera (Slika 44). Povećana biomasa fitoplanktona i veće koncentracije suspendirane organske tvari u S1 posljedica su raspadanja makrofita i erozije epifitona te resuspenzije sedimentiranih čestica u litoralnoj zoni s makrofitima te nisu utjecale na prozirnost vode u pelagijalu. Mutnoća jezera S2 nije primarno povezana s fitoplanktonom, već i organskim te vjerojatno anorganskim resuspendiranim česticama sedimenta, što ukazuje na izražen utjecaj bioturbacije bentivornih riba, posebno šarana. Analize fizikalno-kemijskih čimbenika u jezeru S2 su ukazale na uvjete unutar ekološke valencije krute voščike te bi se sastojine ove vrste mogle razviti i u jezeru S2, ali uz preduvjet uklanjanja šarana čime bi se uz omogućavanje uspostave sastojina submerznih makrofita, doprinijelo smanjenju resuspenzije sedimenta i povećanju prozirnosti vode, smanjenju opterećenja nutrijentima te općenito poboljšanju funkcioniranja biocenoze.

Mezokozmosi. U oba mezokozmos pokusa, postavljena u jezeru S2, dodani su izdanci submerznog makrofita krute voščike (*C. demersum*), a veličina oka na postavljenim mezokozmosima regulirala je utjecaj riba, koji je u mezokozmosu MM u potpunosti isključen, na makrofite i plankton. Mezokozmosi s perforiranim stijenkama nisu uobičajeni u istraživanjima zooplanktona, a omogućili su uvjete istovjetne jezeru S2 s obzirom na nutrijente, dok su biotički čimbenici bili kontrolirani. Tijekom 110 dana pokusa, u ljetnom i jesenskom razdoblju, značajne razlike između mezokozmosa, izuzev moguće predacije riba, bile su u pokrovnosti makrofita. Velika pokrovnost makrofita u mezokozmosima na početku pokusa potvrđuje da fizikalno-kemijski uvjeti u jezeru S2 omogućavaju razvoj gustih sastojina makrofita ukoliko je izravan utjecaj riba na makrofite onemogućen (MM) ili smanjen (MR). Istraživanja su pokazala da je uspostava sastojina makrofita nakon, ili u sklopu, zahvata restauracije jezera neuspješna ukoliko se ne uklone ribe (Hilt i sur., 2006; 2018). Sitna oka mreže iz koje je izgrađen mezokozmos MM onemogućavala su ulazak ribama, a zaštitna pokrovnost mreža je spriječila utjecaj ptica te su makrofiti imali pokrovnost po čitavoj površini i stupcu vode pojedinog replikata mezokozmosa. U mezokozmosu MR pokrovnost makrofita se značajno smanjila kao posljedica utjecaja riba su koje mogle prolaziti kroz veća oka mreže, jer je utjecaj ptica na uspostavu sastojina makrofita i u ovom mezokozmosu bio isključen prekrivanjem zaštitnom mrežom. Ukoliko se u jezerima želi u potpunosti zaštititi odrasle submerzne makrofite od utjecaja riba nakon sadnje ili ponovne uspostave makrofitskih sastojina, treba se primijeniti mreža promjera oka oko 2,5 cm (Smart i sur., 2005), što je manji promjer oka nego na mreži korištenoj za konstruiranje mezokozmosa MR (4 cm). Razlike u gustoći i pokrovnosti makrofita u mezokozmosima rezultirale su većim koncentracijama

suspendirane organske tvari u mezokozmosu MM kao posljedica raspadanja i razgradnje makrofita te taloženja čestica POM na listove makrofita, što su slični uvjeti kao i u litoralu jezera S1 sa sastojinama krute voščike.

Mezokozmosi se međusobno nisu značajno razlikovali s obzirom na uvjete okoliša, izuzev spomenute pokrovnosti makrofita i većih koncentracija suspendirane organske tvari u mezokozmosu MM, ali su se oba razlikovala od kontrolne točke K, što je prvenstveno posljedica znatne pokrovnosti makrofita u mezokozmosima. Na kontrolnoj točki su prevladavali uvjeti opisani za jezero S2, koji odgovaraju pretežno hipereutrofnim stanjima. Rezultati su indicirali da su se okolišni uvjeti u oba mezokozmosa, posebno MM, znatno promijenili s obzirom na prirodni okoliš jezera S2 u kojem su se nalazili te da su uvjeti u oba mezokozmosa su bili sličniji jezeru S1, na što ukazuje i veći udio prozirnog stupca vode zbog prisutnosti makrofita. Uključivanjem i predacijskog pritiska riba u analizu utjecaja okolišnih čimbenika na strukturu zooplanktona, predacija riba se izdvojila kao glavni čimbenik razlike između dva mezokozmosa. Mezokozmos MR, sa submerznim makrofitima i evidentnom predacijom riba udružen je s postajama jezera S1, dok se mezokozmos MM zbog submerznih makrofita izdvojio od postaja jezera S2, a zbog izostanka predacije i od postaja jezera S1 te mezokozmosa MR.

Pretpostavlja se da bi postignuti učinci sastojina makrofita u mezokozmosima na poboljšanje uvjeta okoliša bili izraženiji da se pokus dulje provodio. Također, vjerojatno bi bilo povoljnije da je najveća pokrovnost makrofita iznosila oko 70 % pokusnih površina, čime bi se izbjegao utjecaj taloženja suspendiranih čestica na izdanke makrofita i raspadanja makrofita na koncentracije POM koja je u mezokozmosu MM bila veća i u odnosu na jezero S1. Navedeni nedostaci nisu umanjili značajnost dobivenih rezultata, ali ostavljaju mogućnost unaprjeđenja eksperimentalnog dizajna.



Slika 44. Shematski prikaz odstupanja jezera S1 i S2 te mezokozmosa MM i MR od teorije alternativnih stanja jezera (Scheffer i sur. 1993; Scheffer i Nes, 2007).

Struktura zooplanktona

Istraživanje je uključivalo glavne biocenološke skupine zooplanktona: kolnjake (Rotifera), rašljoticalce (Cladocera) i veslonošce (Copepoda). Istraživanja zooplanktona često se odnose na planktonske rakove, pretežno velike algivore (npr. Castro i sur., 2007; Feniova i sur., 2019), dok se zanemaruju kolnjaci, skupina zooplanktona koja uvelike doprinosi bioraznolikosti, značajan je segment hranidbenih mreža jezerskih ekosustava (Špoljar i sur. 2017a; Kuczyńska-Kippen i sur., 2020) te doprinose objašnjenju funkcioniranja biocenoza u ekosustavima eutrofnih plitkih jezera.

Guste sastojine makrofita složene arhitekture habitusa, kao što je kruta voščika, povećavaju kompleksnost staništa koja podržava veću raznolikost vrsta što je potvrđeno i ovim istraživanjem, u prirodnim i mezokozmos uvjetima (Meerhoff i sur., 2007; Kuczyńska-Kippen i Joniak, 2016; Špoljar i sur., 2017a; Kuczyńska-Kippen, 2020).

Iako su različita istraživanja ukazala na utjecaj staništa submerznih makrofita u postizanju veće brojnosti zooplanktona (Choi i sur., 2014a; Kuczyńska-Kippen, 2020), u ovom istraživanju nisu zabilježene značajne razlike ukupne brojnosti između pelagijala i litorala jezera sa submerznim makrofitima te je funkcija sastojina submerznih makrofita kao skloništa zooplanktona sagledana kroz specifična obilježja zooplanktona, veličinu vrsta, trofičke skupine i fekunditet. Istraživanje vertikalne raspodjele zooplanktona je provedeno u jezeru S1, jer je u njemu zooplankton mogao odabirati i horizontalne migracije, odnosno sklanjanje unutar sastojina makrofita u litoralu kao strategiju izbjegavanja od vizualnih predatora. Također, preliminarna ispitivanja u jezeru S2 nisu ukazala na razlike raspodjele zooplanktona između površinskog i pridnenog sloja pelagijala, kao niti razlike u horizontalnoj raspodjeli zooplanktona (Špoljar i sur., 2018a). Slično kao i za horizontalnu raspodjelu, tijekom istraživanja nisu utvrđene značajne razlike ukupne brojnosti zooplanktona između površinskog i pridnenog sloja pelagijala jezera S1 te je mogućnost vertikalne migracije kao strategije izbjegavanja predatora također sagledana kroz druga obilježja zooplanktona, odnosno vertikalnu raspodjelu pojedinih veličinskih kategorija. U istraživanjima jezera S1 i S2, provedenima godinu dana ranije te paralelno s ovim istraživanjem (Kekelj, 2015; Špoljar i sur., 2018a), utvrđena je strategija izbjegavanja predatora sakrivanjem većih planktonskih rakova u sediment, no taj aspekt migracija zooplanktona nije bio uključen u ovaj rad. Za opsežnije istraživanje migracija zooplanktona, potrebno bi bilo provesti dnevno-noćna uzorkovanja kojima bi se utvrdio ili

isključio utjecaj vizualnih predatora na horizontalnu ili vertikalnu raspodjelu zooplanktona (npr. Kuczyńska-Kippen, 2006; Compte i sur., 2015; Mendonça i sur., 2015).

Veća brojnost zooplanktona u jezeru prozirnog stupca vode je rezultat koji odstupa od prethodnog istraživanja koje je uključivalo jezera S1 i S2 i još dva plitka jezera sjeverne Hrvatske u kojima je utvrđena manja brojnost zooplanktona u jezerima prozirnog stupca vode u odnosu na jezera veće mutnoće, što se povezuje s povećanjem učinkovitosti vizualnih predatora (Jeppesen i sur., 1997; Špoljar i sur., 2018a). Ovo odstupanje posljedica je velikog udjela kolnjaka u ukupnoj brojnosti zooplanktona jezera S1. Kolnjaci su r-stratezi, kratkog razvojnog ciklusa, pa u eutrofnim uvjetima mogu u kratko vrijeme razviti populacije velike brojnosti (Gagneten, 2010) te su malim dimenzijama tijela zaštićeni od predacije riba (Hansson i sur., 2007).

Veću brojnost i raznolikost kolnjaka u jezeru S1, sa submerznim makrofitima i veće prozirnosti, objašnjava veća količina hrane za mikro- i makrofiltratore te veća strukturna raznolikost staništa koja doprinosi većoj raznolikosti vrsta (Špoljar i sur., 2018a). Većina rijetkih vrsta zabilježenih tijekom istraživanja u jezerima su pripadale skupini kolnjaka, a nađene su uglavnom unutar sastojina makrofita što ukazuje na brzu adaptaciju ove skupine na promjene okolišnih uvjeta te na različita staništa (Scheuerl i Stelzer, 2013; Galir Balkić i sur., 2018). Ravnomjerna raspodjela kolnjaka između pelagijala i litorala jezera S1, odnosno izostanak horizontalne stratifikacije brojnosti, posljedica je male veličine tijela (većina vrsta kolnjaka svrstana u I. veličinsku kategoriju zooplanktona) koja nije izložena predacijom pritisku odraslih riba koje su uglavnom prevladavale u jezerima (Hansson i sur., 2007).

Eukonstantna vrsta kolnjaka *Keratella cohlearis* je razvila je najbrojnije populacije u pelagijalu jezera S1, koje su bile značajno brojnije nego u pelagijalu jezera S2, ali nisu bile značajno brojnije od populacije u litoralu s makrofitima u jezeru S1. Vrste roda *Keratella*, a posebno vrsta *K. cohlearis*, su često dominantne i učestale vrste u plitkim jezerima kontinentalne Hrvatske i Europe (Špoljar i sur., 2017a, 2018a; Kuczyńska-Kippen i sur., 2020). Iako je *K. cohlearis* primarno planktonska vrsta, tijekom dana, kao i druge planktonske vrste, može tražiti zaklon od vizualnih predatora između submerznih makrofita unatoč potencijalno nepovoljnijim uvjetima kao što su veća kompeticija za hranu, veći predacijski pritisak taktilnih predatora, odnosno makrobekralježnjaka, nepovoljni abiotički uvjeti ili alelopatski spojevi makrofita (Burks i sur., 2006; Kuczyńska-Kippen, 2007; Špoljar i sur., 2017a).

Tijekom kasnoljetnog porasta brojnosti u pelagijalu jezera S1, površinskom i pridnenom sloju, najbrojnije su bile primarno planktonske vrste karakteristične za ljetni plankton eutrofnih jezera *Trichocerca similis*, *Anuraeopsis fissa* i vrste roda *Polyarthra* (Esjmont-Karabin, 1998; Radwan i sur., 2007; Malekzadeh Viayeh i Špoljar, 2012). Planktonska detritivorna vrsta *A. fissa* je tijekom kasnoljetnog porasta brojnosti, osim u pelagijalu, postigla visoku brojnost i unutar pojasa makrofita, što se uobičajeno podudara s povišenim koncentracijama suspendirane organske tvari, njenog glavnog izvora hrane, unutar sastojina, kao što je bilo i u jezeru S1 (Radwan i sur., 2007). Iako se u gustim sastojinama submerznih makrofita očekuje izraženiji predacijski pritisak makrobeskralježnjaka, *A. fissa* ga može izbjeći zbog male veličine tijela oko 20 µm (Špoljar i sur., 2017a).

Značajnu brojnost u litoralu s makrofitima postigli su bdeloidni kolnjaci i *Colurella uncinata* te su utjecali na različitost sastava zooplanktona između postaja obilježenih submerznim makrofitima (S1M, MM, MR) i postaja bez submerznih makrofita (S1P, S1PV, S2P, S2L). Navedeno je očekivano jer su bdeloidni kolnjaci bili dominantna sastavnica epifitona na sastojinama krute voščike i u ranijim istraživanjima ovog lokaliteta (Špoljar i sur., 2017a), a vrsta *C. uncinata* se povezuje sa sastojinama makrofita velike gustoće i kompleksnosti (Kuczyńska-Kippen i Nagengast, 2003) te u umjerenoj kontinentalnoj klimi može imati značajan udio u brojnosti litoralnog zooplanktona (Kuczyńska-Kippen i sur., 2020).

Veći kolnjaci, uglavnom predatorske vrste (npr. *Asplanchna priodonta*), uključeni su u zooplankton II. veličinske kategorije, uz najmanje rašljoticalce (npr. *Alona costata* i *Chydorus sphaericus*) i nauplije veslonožaca. Zooplankton II. veličinske kategorije bio je brojniji u uvjetima veće pokrovnosti makrofita i prozirnosti vode iako se jezera nisu razlikovala prema brojnosti ove veličinske kategorije. Brojnost zooplanktona II. kategorije kojoj su znatno pridonosili naupliji, pa tako i biomase mikrofiltratorskih veslonožaca su bile značajno veća u pridnenom sloju pelagijala u odnosu na pojas sastojina makrofita. Navedeno ukazuje na vertikalnu migraciju nauplija, koja je obično potaknuta UV zračenjem ili predacijom makrobeskralježnjaka (npr. ličinkama roda *Chaoborus*), a ne predacijom riba jer, zbog veličine tijela, nisu dovoljno uočljiv plijen (Boeing i sur., 2004; Pasternak i sur., 2006; Battes i Momeu, 2014; Choi i sur., 2014b; Mendonça i sur., 2015). Korelacija porasta brojnosti ove veličinske kategorije zooplanktona s duljinom riba zabilježena u ovom istraživanju, sugerira da se veće ribe ne hrane zooplanktonom ove veličine (Hansson i sur., 2007). Naupliji su na svim postajama

bili najbrojniji predstavnici veslonožaca, eukonstantni zooplanktoni, što je uobičajeno u jezerima povišenog stupnja trofije jezera (Czerniawski i sur., 2013).

Iako su kopepoditi (veslonošci III. veličinske kategorije) bili brojniji u jesen u odnosu na druge sezone, jedini okolišni čimbenik koji je ukazivao na povezanost s povećanom brojnosti kopepodita, pa i biomasom makrofiltratorskih veslonožaca, bila je biomasa fitoplanktona, njihovog glavnog izvora hrane.

Jezera niti postaje nisu se razlikovale prema brojnosti IV. veličinske kategorije, kojoj su pripadali adultni predatorski veslonošci, pa tako niti prema biomasama predatorskih veslonožaca. Unutar pojasa makrofita jezera S1 zabilježene su veće brojnosti odraslih jedinki veslonožaca vrsta *Macrocyclops fuscus* i *M. albidus* koje su i na drugim lokalitetima nađene u gustim sastojinama makrofita (Špoljar i sur., 2012a; Šorf i sur., 2015). U ovom istraživanju vrsta *M. albidus* je zabilježena u znatnijoj brojnosti i u pelagijalu jezera S1, a najveću je brojnost u jezeru S1 postigla je u pridnenom sloju što ukazuje na vertikalnu migraciju kao strategiju izbjegavanja predatora (Pasternak i sur., 2006; Battes i Momeu, 2014). U jezeru S2, adultne jedinke vrste *M. albidus* su bile zaštićene od predacije riba učinkovitim reakcijama bijega u uvjetima smanjenje učinkovitosti vizualnih predatora, odnosno povećane mutnoće jezera (Pasternak i sur., 2006; Bradley i sur., 2013; Choi i sur., 2014a; Špoljar i sur., 2017a, 2018a; Nieman i Gray, 2019). Veslonošci su bili najbrojniji tijekom ljetnog razdoblja, izraženo u jezeru S1, posebno ličinački naupliji, ali je i ukupna biomasa veslonožaca bila najveća ljeti, kojoj su najviše doprinijele predatorske jedinke (adultni ciklopodni rakovi). U ljetnom razdoblju adultni veslonošci uobičajeno postižu najveću brojnost, ali se i razvijaju ličinački stadiji, što rezultira povećanom ukupnom brojnosti veslonožaca (Maier, 1989; Gyllström i Hansson, 2004). Kuczyńska-Kippen i sur. (2020) su utvrdili da povećana biomasa fitoplanktona utječe na porast brojnosti planktonskih veslonožaca, što je u skladu s rezultatima ovog istraživanja. Porast biomase predatorskih veslonožaca kod povećanih koncentracija otopljene organske tvari sugerira posrednu povezanost u hranidbenoj mreži preko mikrobne petlje i protozooplanktona (Sherr i Sherr, 1988; Bowszys i sur., 2014).

Rašljoticalci su ključne vrste zooplanktona u održavanju prozirnosti stupca vode, a većina zabilježenih u istraživanju je pripadala III. i IV. veličinskoj kategoriji. Veća ukupna brojnost rašljoticalaca u jezeru veće mutnoće, S2, te izostanak razlika brojnosti rašljoticalaca unutar jezera S1, između pelagijala i sastojina submerznih makrofita, nije u skladu s teorijom alternativnih stabilnih stanja (Scheffer i sur. 1993; Scheffer i Nes, 2007; Slika 44). Međutim,

podaci o brojnosti rašljoticalaca, bez analize pojedinih veličinskih kategorija te trofičkih prehrambenih skupina, ne daju stvarnu sliku strukture zooplanktona. U jezeru S2, bez makrofita i veće mutnoće, dominantni rašljoticalci pripadali su III. veličinskoj kategoriji, uglavnom su bili mikrofiltratori, odnosno najbrojnija je bila eukonstantna vrsta *B. longirostris*, koja je zbog svojih malih dimenzija tijela manje izložena predaciji adultnih riba (Hansson i sur., 2007; Jeppesen i sur., 2012). Dominacija manjih rašljoticalaca u jezeru, kao što je vrsta *B. longirostris* i manja brojnost većih vrsta rašljoticalaca pokazatelj je povećanog predacijskog pritiska adultnih planktivornih riba (Rosínska i sur., 2019). U ovom istraživanju iz rezultata proizlazi da je predacijski pritisak mlađi, odnosno riba koje su pripadale I. veličinskoj kategoriji (< 5 cm), bio usmjeren na rašljoticalce III. veličinske kategorije. Ovi rezultati su u skladu s istraživanjem Hanssona i sur. (2007) koji su utvrdili da je zooplankton srednje veličine izložen predacijskom pritisku mlađi, ne adultnih riba, kad mlađ dosegne duljinu oko 11 mm. Negativna korelacija biomase rašljoticalaca mikrofiltratora, koji su uglavnom pripadali III. veličinskoj kategoriji, i biomase mikrofiltratorskih kolnjaka ukazuje na kompeticiju za isti izvor hrane, odnosno suspenziju organskih tvari, bakterija i sitnih alga, pri čemu su rašljoticalci bili kompetitivno nadmoćni i postigli veće biomase posebno u jezeru S2. Međutim populacije mikrofiltratorskih kolnjaka također su opstale jer imaju manje energetske zahtjeve i veću brzinu reprodukcije (Špoljar i sur., 2011a, 2018a). Kad se sagleda brojnost rašljoticalaca makrofiltratora, odnosno većih rašljoticalaca (IV. veličinske kategorije), onda su rezultati istraživanja u skladu s teorijom alternativnih stabilnih stanja (Scheffer i sur. 1993; Scheffer i Nes, 2007; Slika 44) jer su bili brojniji u jezeru S1 s makrofitima i veće prozirnosti vode. U jezeru S1 su veći rašljoticalci (IV. veličinske kategorije), npr. vrste rodova *Simocephalus* i *Ceriodaphnia*, u uvjetima veće prozirnosti vode odabirali strategiju izbjegavanja vizualnih predatora horizontalnom migracijom iz pelagijala u litoral sa submerznim makrofitima, a ne vertikalne migracije u dublje slojeve pelagijala. Ranije spomenuta istraživanja na istom lokalitetu, utvrdila su značajnu brojnost rašljoticalaca ove veličine u sedimentu litorala kao dodatnu strategiju izbjegavanja predatora (Kekelj, 2015; Špoljar i sur., 2018a). Veća raznolikost rašljoticalaca kojoj su pridonijele vrste većih dimenzija, veća biomasa rašljoticalaca makrofiltratora te veća brojnost rašljoticalaca IV. veličinske kategorije unutar sastojina makrofita u odnosu na pelagijal jezera S1, ali i jezera S1 u odnosu na jezero S2, potvrđuju značaj gustih sastojina submerznih makrofita, velike pokrovnosti, kao skloništa od vizualnih predatora (Kuczyńska-Kippen i Nagengast, 2006; Meerhoff i sur., 2007; Špoljar i sur., 2012a). Istraživanjem koje je provela Kuczyńska-Kippen (2020) je utvrđena veća raznolikost zooplanktona i potencijalno češća

pojavnost velikih makrofiltratorskih rašljoticalaca u jezerima veće prozirnosti te manje brojnosti planktivornih riba, na što su ukazali i rezultati ovog istraživanja. Predacija riba većih od 10 cm je imala značajan utjecaj na raznolikost rašljoticalaca, brojnost i biomasu većih rašljoticalaca makrofiltratora, što odgovara istraživanjima koja ukazuju na vizualnu selektivnost adultnih riba koje biraju za plijen veće jedinke zooplanktona (Hansson i sur., 2007; Jeppesen i sur., 2012). Iako mlađ, posebno ciprinidnih vrsta, može nakon što dosegne duljinu od 2 cm, imati značajan utjecaj na brojnost većih rašljoticalaca, u ovom istraživanju se brojnost većih rašljoticalaca povećavala s brojnosti mlađi (< 5 cm). Navedeno sugerira da predacijski pritisak riba I. veličinske kategorije nije bio izražen, a pozitivna korelacija je vjerojatno posljedica odabira staništa mlađi, koja je također koristila guste sastojine makrofita kao sklonište od piscivora prisutnih u jezeru S1 (Jeppesen i sur., 1998; Meerhoff i sur., 2007; Špoljar i sur., 2017a).

Povećane koncentracije izvora hrane (biomasa fitoplanktona i koncentracije POM) omogućuju ulaganje energije u reprodukciju, a ne isključivo u rast zooplanktonata (Gilbert, 1996; Sodr  i Bozelli, 2019), što je rezultiralo većom ukupnom brojnosti ženki s jajima, kao i kolnjaka s jajima u jezeru S1, u odnosu na jezero S2. Očekivano, vrste zooplanktona koje su bile najbrojnije najviše su doprinosile fekunditetu, vrste *K. cochlearis* i *A. fissa* u vrijeme porasta brojnosti zooplanktona u jezeru S1 te *B. longirostris* u jezeru S2. Veća brojnost rašljoticalaca s jajima unutar pojasa makrofita u odnosu na pelagijal jezera S1 ukazuje na značaj makrofita i sugerira da su jedinke koristile horizontalnu migraciju kao strategiju obrane od vizualnih predatora koji mogu selektivno birati ženke s jajima koje su uočljivije, veće nutritivne vrijednosti, ali se i sporije kreću (Sodr  i Bozelli, 2019).

Rezultati CCA analize u mezokozmosima su ukazali na izraženo negativan odnos predacije riba i brojnosti litoralnih vrsta prvenstveno kolnjaka, kao i na manju osjetljivost planktonskih vrsta na predaciju. U mezokozmosima, unatoč promjenama okolišnih uvjeta uspostavom makrofitskih sastojina u odnosu na jezero S2, ukupna brojnost zooplanktona te brojnost kolnjaka bile su značajno manje u odnosu na jezero S1. U mezokozmosu MR je krajem istraživanja zabilježena povećana brojnost predatorske, primarno euplanktonske vrste *Asplanchna priodonta* koja se hrani drugim planktonskim kolnjacima *Brachionus* spp., *K. cochlearis*, *K. quadrata*, *Ascomorpha* spp. *Trichocerca* spp., *Polyarthra* spp. (Radwan i sur., 2007), što može objasniti manju brojnost i biomasu drugih vrsta kolnjaka, plijena (Węgleńska i sur., 1997; Choi i sur., 2014b). Istraživanja su pokazala da vrsta *A. priodonta* preferira

slobodnu vodu jer se hrani planktonskim vrstama, a unutar pojasa makrofita dolazi u znatno manjoj brojnosti jer nije prilagođena prehrani epifitskim vrstama (Choi i sur., 2014a). Odnos potencijalno nepovoljnijih okolišnih uvjeta unutar makrofita i učinkovitosti makrofita kao skloništa od predatora dovodi do toga da planktonske vrste, kao što je i *A. priodonta*, mogu naseljavati u većoj brojnosti sastojine makrofita male gustoće, za razliku od gustih sastojina koje nastanjuju primarno litoralne vrste (Jeppesen i sur., 1998; Burks i sur., 2006). Visoka brojnost vrste *A. priodonta* u mezokozmosu MR na kraju istraživanja sugerira da je smanjenje pokrovnosti i gustoće makrofita bilo vrlo intenzivno te su se stvorili povoljni uvjeti za razvoj populacija ove vrste (Burks i sur., 2006; Choi i sur., 2014b).

Razlike između okolišnih uvjeta u mezokozmosima rezultirale su utvrđenim stanjem umjerenog ekološkog stresa u mezokozmosu MR, koji se objašnjava primarno kao posljedica predacije riba. Razlika mezokozmosa MM i MR s obzirom na biomasu mikrofiltratorskih kolnjaka, koja je bila veća u mezokozmosu MM bez predacije riba uslijed veće brojnosti litoralnih vrsta, npr. bdeloidnih kolnjaka, objašnjava se: prvo značajno većom količinom epifitona i POM (uslijed razgradnje makrofita, erozije epifitona i taloženja čestica na listove makrofita), kao glavnih izvora hrane mikrofiltratorskih kolnjaka; drugo, razgranatim habitusom makrofita, pogodnim staništem za prihvaćanje litoralnih vrsta kolnjaka; treće, malim volumenom slobodne vode u mezokozmosu MM koji je vjerojatno onemogućio razvoj populacija velike brojnosti kompetitivnijih planktonskih detritivora, rašljoticalaca i kolnjaka. Euplanktonski oblici npr. *K. cochlearis* ili *T. similis*, detritivorni i algivorno-omnivorni kolnjaci, bili su manje brojni u mezokozmosu MM jer uvjeti nisu odgovarali pelagičkom načinu života.

Očekivano, izostanak predacije riba u mezokozmosu MM nije potaknuo porast brojnosti rašljoticalaca III. veličinske kategorije, odnosno rašljoticalci ove veličine su bili brojniji u mezokozmosu s predacijom riba, jer su manje osjetljivi na predaciju odraslih riba od rašljoticalaca IV. veličinske kategorije (Hansson i sur., 2007). Rezultati *in situ* mezokozmos istraživanja koje su proveli Lemma i sur. (2001) također su utvrdili da vrsta *B. longirostris* nije bila pod utjecajem predacije riba. Veći rašljoticalci IV. veličinske kategorije su nakon uspostave mezokozmosa razvili brojnije populacije u sastojinama makrofita bez predacije riba (MM) te u nešto manjoj brojnosti i u sastojinama makrofita u kojima je predacija riba bila moguća (MR). Ova razlika između mezokozmosa sugerira da bi se u restauraciji jezera, ukoliko se želi povećati vjerojatnost uspjeha zahvata, uz uspostavu sastojina submerznih makrofita trebalo primijeniti i metodu manipulacije ribljim vrstama koja bi smanjila pritisak planktivora na veći algivorni

zooplankton. Izostanak većih rašljoticalaca u planktonu jezera S2 prije postavljanja mezokozmosa, unatoč povećanoj mutnoći koja smanjuje učinkovitost vizualnih predatora, sugerira da su jedinke izbjegavale predatore sklanjanjem u sediment, što je potvrđeno ranije provedenim istraživanjem (Kekelj, 2015; Špoljar i sur., 2018a). Prema rezultatima mezokozmos istraživanja Vakkilainen i sur. (2004) koje je provedeno u sklopu paneuropskog projekta, veći rašljoticalci (*Daphnia* sp., i *Simocephalus* sp.) mogu i u hipereutrofnim uvjetima kontrolirati biomasu fitoplanktona ako čine više od 30 % biomase algivornog zooplanktona. Ovaj udio je unutar oba mezokozmosa bio premašen tijekom većine trajanja pokusa, što dovodi do zaključka da uspostava sastojina makrofita, može biti učinkovita metoda kontrole biomase fitoplanktona, odnosno restauracije jezera.

Rezultati istraživanja potvrđuju značaj pokrovnosti makrofita i predacije riba, u prirodnim i kontroliranim, mezokozmos uvjetima, u strukturiranju zooplanktona i u funkcioniranju biocenoza plitkih jezera te ukazuju na mogućnost učinkovite primjene metode uspostave sastojina submerznih makrofita u restauraciji plitkih eutrofnih jezera toplije umjerene klime.

7 ZALJUČAK

U istraživanju provedenom od svibnja do listopada 2013. godine u dva plitka eutrofna jezera analizirani su okolišni čimbenici, raspoloživost izvora hrane zooplanktona, struktura ihtiofaune te struktura zooplanktona.

Jezero S1, obilježeno dominacijom submerznih makrofita, nalazilo se u stanju prozirnog stupca vode, a jezero S2, bez submerznih makrofita, se nalazilo u mutnom stanju. Oba jezera su bila eutrofnog do hipereutrofnog stupnja trofije, s odnosima pojedinačnih trofičkih indeksa koji sugeriraju potencijal jezera da se biomanipulacijom hranidbene mreže potakne porast brojnosti velikih algivornih rašljoticalaca, smanji biomasa fitoplanktona te postigne/održi stanje prozirnog stupca vode. Jezera su se značajno razlikovala, osim u odnosu na pokrovnost submerznih makrofita i prozirnost vode, s obzirom na električnu vodljivost, koncentracije nitrata te raspoloživost izvora hrane (biomasa fitoplanktona i suspendiranu organsku tvar).

Razmatrajući predacijski pritisak, sastojine makrofita u jezeru S1 utjecale su na prostorni raspored najmanjih riba, koje su bile brojnije unutar makrofita, i najvećih riba koje su bile brojnije u pelagijalu. Značajne razlike jezera u sastavu ihtiofaune su prisutnost štuke (*Esox lucius*) u jezeru S1, piscivora koji može kontrolirati brojnost zooplanktivornih vrsta riba i ublažiti predacijski pritisak na veći algivorni zooplankton te šarana (*Cyprinus carpio*) u jezeru S2, koji je utjecao na mutnoću vode i jedan je od čimbenika, možda i najznačajniji, u sprečavanju prirodne uspostave sastojina submerznih makrofita.

Pokrovnost makrofita i struktura ihtiofaune u jezeru S1 pogodovali su većoj raznolikosti zooplanktona unutar pojasa makrofita, a posebno rašljoticalaca koji su uključivali i velike algivorne vrste, u odnosu na pelagijal jezera S1. Također, makrofiti su utjecali na razlike između jezera, odnosno veću raznolikost i brojnost zooplanktona, posebno kolnjaka, kao i na raznolikost rašljoticalaca u jezeru S1 u odnosu na jezero S2. Ukupna brojnost rašljoticalaca je bila veća u jezeru S2 zbog velike brojnosti detritivorne vrste *Bosmina longirostris* koja je zbog svoje veličine manje izložena predacijskom pritisku vizualnih predatora u odnosu na veće algivorne rašljoticalce koji su u jezeru S2 bili iznimno rijetki.

U razmatranju veličinske strukture, najmanji zooplankton I. veličinske kategorije (većina vrsta kolnjaka) je bio brojniji u jezeru S1, nešto brojniji u pelagijalu u odnosu na litoral, jer su zbog malih dimenzija tijela zaštićeni od predacije riba, a u jezeru S2 su bili brojniji manji rašljoticalci

(III. veličinska kategorija) zastupljeni isključivo dominantnom vrstom *B. longirostris*. Veliki algivorni rašljoticalci (IV. veličinska kategorija) su bili značajno brojniji u jezeru s makrofitima. Pokrovnost makrofita pozitivno je utjecala i na biomasu većih rašljoticalaca makrofiltratora koja je bila veća unutar pojasa makrofita u odnosu na druge postaje istraživanja.

Brojnost ženki s jajima, odnosno fekunditet zooplanktona je bio veći u jezeru s makrofitima, a rašljoticalci s jajima su u jezeru S1 bili brojniji unutar pojasa makrofita, što sugerira korištenje submerznih makrofita kao skloništa od vizualnih predatora.

In situ mezokozmos pokus se provodio od srpnja do listopada (110 dana) u jezeru S2 bez makrofita, a sastojao se od dva mezokozmosa: MM, velike pokrovnosti makrofita i bez utjecaja riba, i MR, promjenjive pokrovnosti makrofita s omogućenom predacijom riba. Okolišni uvjeti se nisu razlikovali između mezokozmosa osim s obzirom na predaciju riba, pokrovnost makrofita koja je u mezokozmosu MR tijekom pokusa smanjenja uslijed utjecaja riba i povećanu koncentraciju suspendirane organske tvari u mezokozmosu MM. Tijekom trajanja pokusa, limnološki uvjeti u mezokozmosima znatno su se promijenili u odnosu na prirodni okoliš jezera S2 u kojem su se nalazili te su postali sličniji onima u jezeru S1 što ukazuje na značaj makrofita u modificiranju čimbenika okoliša.

Mezokozmos pokus je potvrdio značaj utjecaja predacije riba, kao izvor stresa u funkcioniranju zooplanktona, s višestrukim učincima, od koji je najizraženiji smanjenje raznolikosti zooplanktona, a posebno rašljoticalaca. Istovremeno je pokus potvrdio značaj submerznih makrofita kao skloništa većih algivornih rašljoticalaca (IV. veličinske kategorije) koji su razvili brojnije populacije u sastojinama makrofita nakon postavljanja mezokozmosa. Najveća brojnost velikih algivornih rašljoticalaca zabilježena je u uvjetima velike pokrovnosti makrofita bez predacije riba (MM). Razlike pokrovnosti makrofita i predacijskog pritiska u mezokozmosima nisu se odrazile na razlike biomasa pojedinih prehrambenih skupina izuzev mikrofiltratorskih kolnjaka, kojima je odgovarala veća pokrovnost makrofita. Omjer biomase velikih rašljoticalaca i ukupne biomase algivornog zooplanktona (> 30 %) postignut u oba mezokozmosa navodi do zaključka da uspostava sastojina makrofita, može biti učinkovita metoda kontrole biomase fitoplanktona, odnosno restauracije plitkih eutrofnih jezera čak i u hipereutrofnim uvjetima.

Provedeno istraživanje u prirodnim uvjetima, kao i mezokozmos pokus potvrdili su postavljenu hipotezu značaja pokrovnosti makrofita i predacijskog pritiska riba u strukturiranju

zooplanktona. Mezokozmos je dokazao da submerzni makrofiti, neovisno o predaciji riba, mogu kroz stotinjak dana doprinijeti porastu brojnosti velikih algivornih rašljoticalaca, koji mogu kontrolirati biomasu fitoplanktona i doprinijeti poboljšanju kvalitete vode, odnosno da uspostava sastojina makrofita može biti učinkovita metoda restauracije jezera. S obzirom na to da je učinak submerznih makrofita na velike algivorne rašljoticalce ipak bio nešto izraženiji u uvjetima bez predacije riba, ako se želi povećati vjerojatnost uspjeha zahvata restauracije eutrofnih jezera toplijeg umjerenog područja, trebalo bi primijeniti obje metode biomanipulacije, uspostavu sastojina submerznih makrofita i manipulaciju ribljim vrstama.

8 LITERATURA

1. Amoros C (1984) Crustaces cladoceres. Bulletin Mensuel de la Société Linnéenne de Lyon 3-4: 1-63
2. Ansaloni I, Prevedelli D, Ruocco M, Simonini R (2016) Checklist of benthic macroinvertebrates of the Lago Pratignano (northern Apennines, Italy): an extremely rich ecosystem. Check List 12, 1821. doi: 10.15560/12.1.1821
3. APHA (1998) Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th edn. American Public Health Association, Washington, D.C.
4. Azam F, Fenchel T, Field J, Gray J, Meyer-Reil L, Thingstad F (1983) The ecological role of water-column microbes in the sea. Marine Ecology Progress Series 10: 257-263. doi 10.3354/meps010257
5. Battes KP, Momeu L (2014) Diel vertical distribution of planktonic microcrustaceans (Crustacea: Cladocera, Copepoda) in a natural shallow lake from Transylvania, Romania. Journal of Limnology 73. doi 10.4081/jlimnol.2014.890
6. Beklioglu M, Meerhoff M, Davidson TA, Ger KA, Havens KE, Moss B (2016) Preface: Shallow lakes in a fast changing world. U: Proceedings, 8th International Shallow Lakes Conference. Hydrobiologia 778: 9-11. doi 10.1007/s10750-016-2840-5
7. Boeing WJ, Leech DM, Williamson, CE, Cooke S, Torres L (2004) Damaging UV radiation and invertebrate predation: conflicting selective pressures for zooplankton vertical distribution in the water column of low DOC lakes. Oecologia 138: 603-612. doi 10.1007/s00442-003-1468-0
8. Boix D, Biggs J, Céréghino R, Hull AP, Kalettka T, Oertli B (2012) Pond research and management in Europe: “Small is Beautiful”. Hydrobiologia 689: 1-9. doi 10.1007/s10750-012-1015-2
9. Boršić I, Posavec Vukelić V (2012) New locality and threat status of *Damasonium polyspermum* Coss. (Alismataceae) in Croatia. Natura Croatica 21: 349-356
10. Bottrell HH, Duncan A, Gliwicz ZM, Grygierek E, Herzig A, Hillbricht-Ilkowska A, Kurasawa H, Larsson P, Weglenska T (1976) Review of some problems in zooplankton production studies. Norwegian Journal of Zoology 24: 449-456
11. Bowszys M, Dunalska JA, Jaworska B (2014) Zooplankton response to organic carbon level in lakes of differing trophic states. Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems 412: 10. doi 10.1051/kmae/2013092

12. Bradley CJ, Strickler JR, Buskey EJ, Lenz PH (2013) Swimming and escape behavior in two species of calanoid copepods from nauplius to adult. *Journal of Plankton Research* 35: 49-65. doi 10.1093/plankt/fbs088
13. Burks R, Lodge D, Jeppesen E, Lauridsen T (2002) Diel horizontal migration of zooplankton: costs and benefits of inhabiting the littoral. *Freshwater Biology* 47: 343-365. doi 10.1046/j.1365-2427.2002.00824.x
14. Burks RL, Mulderij G, Gross E, Jones I, Jacobsen L, Jeppesen E, Van Donk E (2006) Center stage: the crucial role of macrophytes in regulating trophic interactions in shallow lake wetlands. U: Bobbink R, Beltman B, Verhoeven JTA, Whigham DF (Eds.) *Wetlands: functioning, biodiversity conservation, and restoration, ecological studies*. Springer, Berlin, Heidelberg, 37-59. doi 10.1007/978-3-540-33189-6_3
15. Callisto M, Molozzi J, Barbosa JLE (2014) Eutrophication of lakes. U: Ansari AA, Gill SS (Eds.) *Eutrophication: causes, consequences and control*. Springer, Dordrecht, 55-71. doi 10.1007/978-94-007-7814-6_5
16. Carlson RE (1977) A trophic state index for lakes. *Limnology and Oceanography* 22: 361-369
17. Carlson RE, Havens KE (2005) Simple graphical methods for the interpretation of relationships between trophic state variables. *Lake and Reservoir Management* 21: 107-118. doi 10.1080/07438140509354418
18. Carpenter SR, Kitchell JF, Hodgson JR (1985) Cascading trophic interactions and lake productivity. *BioScience* 35: 634-639. doi 10.2307/1309989
19. Castro BB, Marques SM, Gonçalves F (2007) Habitat selection and diel distribution of the crustacean zooplankton from a shallow Mediterranean lake during the turbid and clear water phases. *Freshwater Biology* 52: 421-433
20. Céréghino R, Biggs J, Oertli B, Declerck S (2008) The ecology of European ponds: defining the characteristics of a neglected freshwater habitat. *Hydrobiologia* 597: 1-6
21. Chambers PA, Lacoul P, Murphy KJ, Thomaz SM (2008) Global diversity of aquatic macrophytes in freshwater. *Hydrobiologia* 595: 9-26
22. Chen K-N, Bao C-H, Zhou W-P (2009) Ecological restoration in eutrophic lake Wuli: a large enclosure experiment. *Ecological Engineering* 35: 1646-1655. doi 10.1016/j.ecoleng.2008.10.009
23. Choi J-Y, Jeong K-S, Kim S-K, La G-H, Chang K-H, Joo G-J (2014a) Role of macrophytes as microhabitats for zooplankton community in lentic freshwater

- ecosystems of South Korea. *Ecological Informatics* 24: 177-185. doi 10.1016/j.ecoinf.2014.09.002
24. Choi J-Y, Jeong K-S, La G-H, Chang K, Joo G-J (2014b) The influence of aquatic macrophytes on distribution and feeding habit of two *Asplanchna* species (*A. priodonta* and *A. herrickii*) in shallow wetlands, South Korea. *Journal of Limnology* 73. doi 10.4081/jlimnol.2014.896
25. Claps MC, Gabellone NA, Benítez HH (2011) Seasonal changes in the vertical distribution of rotifers in a eutrophic shallow lake with contrasting states of clear and turbid water. *Zoological Studies* 50: 454-465
26. Clarke KR, Warwick RM (2001) Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. 2nd edn. PRIMER-E., Plymouth
27. Compte J, Montenegro M, Ruhí A, Gascón S, Sala J, Boix D (2015) Microhabitat selection and diel patterns of zooplankton in a Mediterranean temporary pond. *Hydrobiologia* 766: 201-213. doi 10.1007/s10750-015-2455-2
28. Czerniawski R, Popko R, Krepski T, Domagała J (2013) Invertebrates of three small ponds located in stream-pond system. *Teka Commission of Protection and Formation of Natural Environment* 10: 14-22
29. Declerck SAJ, Bakker ES, van Lith B, Kersbergen A, van Donk E (2011) Effects of nutrient additions and macrophyte composition on invertebrate community assembly and diversity in experimental ponds. *Basic and Applied Ecology* 12: 466-475. doi 10.1016/j.baae.2011.05.001
30. Dodds WK (2002) *Freshwater ecology: concepts and environmental applications*. Academic press.
31. Dorenbosch M, Bakker ES (2012) Effects of contrasting omnivorous fish on submerged macrophyte biomass in temperate lakes: a mesocosm experiment: Impact of omnivorous fish on macrophytes. *Freshwater Biology* 57: 1360-1372. doi 10.1111/j.1365-2427.2012.02790.x
32. Dražina T, Špoljar M, Primc B, Habdija I. (2013) Small-scale patterns of meiofauna in a bryophyte covered tufa barrier (Plitvice Lakes, Croatia). *Limnologica – Ecology and Management of Inland Waters* 43: 405-416
33. Du X, García-Berthou E, Wang Q, Liu J, Zhang T, Li Z (2015) Analyzing the importance of top-down and bottom-up controls in food webs of Chinese lakes through structural equation modeling. *Aquatic Ecology* 49: 199-210

34. Dumont HJ, Van de Velde I, Dumont S (1975) The dry weight estimate of biomass in a selection of Cladocera, Copepoda and Rotifera from the plankton, periphyton and benthos of continental waters. *Oecologia* 19: 75-97. doi 10.1007/BF00377592
35. Einsle U (1993) Crustacea, Copepoda, Calanoida und Cyclopoida. Gustav Fischer Verlag, Berlin
36. Ejankowski W, Solis M (2015) Response of hornwort (*Ceratophyllum demersum* L.) to water level drawdown in a turbid water reservoir. *Applied Ecology and Environmental Research* 13: 219-228. doi 10.15666/aeer/1301_219228
37. Ersoy Z, Brucet S, Bartrons M, Mehner T (2019) Short-term fish predation destroys resilience of zooplankton communities and prevents recovery of phytoplankton control by zooplankton grazing. *PLoS ONE* 14, e0212351. doi 10.1371/journal.pone.0212351
38. Esjmont-Karabin J (1998) Empirical equations for biomass calculation of planktonic rotifers. *Polskie Archiwum Hydrobiologii* 45: 513-522
39. Feniova I, Sakharova E, Karpowicz M, Gladyshev MI, Sushchik NN, Dawidowicz P, Gorelysheva Z, Górniak A, Stroinov Y, Dzialowski A (2019) Direct and indirect impacts of fish on crustacean zooplankton in experimental mesocosms. *Water* 11: 2090. doi 10.3390/w11102090
40. Fernández-Aláez M, Fernández-Aláez C, Becares E, Valentín M, Gomà J, Castrillo P (2004) A 2-year experimental study on nutrient and predator influences on food web constituents in a shallow lake of north-west Spain. *Freshwater Biology* 49: 1574-1592. doi 10.1111/j.1365-2427.2004.01299.x
41. Florian N, Lopez-Luque R, Ospina-Alvarez N, Hufnagel L, Green A (2016) Influence of a carp invasion on the zooplankton community in Laguna Medina, a Mediterranean shallow lake. *Limnetica* 35: 397-412
42. Fonseca da Silva JV, Baumgartner MT, Miracle MR, Déo Dias J, Rodrigues LC, Claudia B (2019) Can zooplankton grazing affect the functional features of phytoplankton in subtropical shallow lakes? – Experiment in situ in the south of Brazil. *Limnetica* 38: 773-785. doi 10.23818/limn.38.45
43. Gagneten AM (2010). Effects of Contamination by Heavy Metals and Eutrophication on Zooplankton, and Their Possible Effects on the Trophic Webs of Freshwater Aquatic Ecosystems. U: Ansari AA, Singh Gill S, Lanza GR, Rast W (ed.) *Eutrophication: Causes, Consequences and Control*. Dordrecht, Springer Netherlands, 211-223. doi 10.1007/978-90-481-9625-8_10

44. Galir Balkić A (2019) The importance of environmental differences in the structuring of rotifer functional diversity: environmental differences and rotifer functional diversity. *Journal of Limnology* 78. doi 10.4081/jlimnol.2019.1903
45. Galir Balkić A, Ternjej I, Špoljar M (2018) Hydrology driven changes in the rotifer trophic structure and implications for food web interactions. *Ecohydrology* 11: e1917. doi 10.1002/eco.1917
46. Ger KA, Urrutia-Cordero P, Frost PC, Hansson LA, Sarnelle O, Wilson AE, Lüring M (2016) The interaction between cyanobacteria and zooplankton in a more eutrophic world. *Harmful Algae* 54: 128-144
47. Gilbert JJ (1996) Effect of food availability on the response of planktonic rotifers to a toxic strain of the cyanobacterium *Anabaena flos-aquae*. *Limnology and Oceanography* 41: 1565-1572. doi 10.4319/lo.1996.41.7.1565
48. Gonzalez Sagrario MA, Jeppesen E, Goma J, Sondergaard M, Jensen JP, Lauridsen T, Landkildehus F (2005) Does high nitrogen loading prevent clear-water conditions in shallow lakes at moderately high phosphorus concentrations? *Freshwater Biology* 50: 27-41. doi 10.1111/j.1365-2427.2004.01290.x
49. Gulati RD, Dionisio Pires LM, Van Donk E (2008) Lake restoration studies: failures, bottlenecks and prospects of new ecotechnological measures. *Limnologica – Ecology and Management of Inland Waters* 38: 233-247. doi 10.1016/j.limno.2008.05.008
50. Gutkowska A, Paturej E, Kowalska E (2013) Rotifer trophic state indices as ecosystem indicators in brackish coastal waters. *Oceanologia* 55: 887-899. doi 10.5697/oc.55-4.887
51. Gyllström M, Hansson L-A (2004). Dormancy in freshwater zooplankton: Induction, termination and the importance of benthic-pelagic coupling. *Aquatic Sciences* 66: 247-295. doi 10.1007/s00027-004-0712-y
52. Hansson L-A, Gyllstrom M, Stahl-Delbanco A, Svensson M (2004) Responses to fish predation and nutrients by plankton at different levels of taxonomic resolution. *Freshwater Biology* 49: 1538-1550. doi 10.1111/j.1365-2427.2004.01291.x
53. Hansson L-A, Nicolle A, Brodersen J, Romare P, Anders Nilsson P, Brönmark C, Skov C (2007) Consequences of fish predation, migration, and juvenile ontogeny on zooplankton spring dynamics. *Limnology and Oceanography* 52: 696-706. doi 10.4319/lo.2007.52.2.0696

54. Hayes JW, Rutledge MJ, Chisnall BL, Ward FJ (1992) Effects of elevated turbidity on shallow lake fish communities. *Environmental Biology of Fishes* 35: 149-168
55. Hietala J, Vakkilainen K, Kairesalo T (2004) Community resistance and change to nutrient enrichment and fish manipulation in a vegetated lake littoral. *Freshwater Biology* 49: 1525-1537. doi 10.1111/j.1365-2427.2004.01303.x
56. Hilt S (2015) Regime shifts between macrophytes and phytoplankton – concepts beyond shallow lakes, unravelling stabilizing. *Limnetica* 34: 467-480
57. Hilt S, Alirangues Nuñez MM, Bakker ES, Blindow I, Davidson TA, Gillefalk M, Hansson L-A, Janse JH, Janssen ABG, Jeppesen E, Kabus T, Kelly A, Köhler J, Lauridsen TL, Mooij WM, Noordhuis R, Phillips G, Rücker J, Schuster H-H, Søndergaard M, Teurlincx S, van de Weyer K, van Donk E, Waterstraat A, Willby N, Sayer CD (2018) Response of submerged macrophyte communities to external and internal restoration measures in north temperate shallow lakes. *Frontiers in Plant Science* 9: 194. doi 10.3389/fpls.2018.00194
58. Hilt S, Gross EM, Hupfer M, Morscheid H, Mählmann J, Melzer A, Poltz J, Sandrock S, Scharf E-M, Schneider S, van de Weyer K (2006) Restoration of submerged vegetation in shallow eutrophic lakes – A guideline and state of the art in Germany. *Limnologica – Ecology and Management of Inland Waters* 36: 155-171. doi 10.1016/j.limno.2006.06.001
59. Horppila J, Nurminen L (2005) Effects of different macrophyte growth forms on sediment and P resuspension in a shallow lake. *Hydrobiologia* 545: 167-175. doi 10.1007/s10750-005-2677-9
60. Hrvatske vode (2016) Plan upravljanja vodnim područjima 2016. – 2021. Pristupljeno 28. listopada 2019 na poveznici <https://www.voda.hr/hr/plan-upravljanja-vodnim-podrucjima-2016-2021>
61. Irvine K, Moss B, Balls H (1989) The loss of submerged plants with eutrophication II. Relationships between fish and zooplankton in a set of experimental ponds, and conclusions. *Freshwater Biology* 22: 89-107. doi 10.1111/j.1365-2427.1989.tb01086.x
62. Istvánovics V, Clement A, Somlyódy L, Specziár AG, Tóth L, Padisák J (2007) Updating water quality targets for shallow Lake Balaton (Hungary), recovering from eutrophication. *Hydrobiologia* 581: 305-318. doi 10.1007/s10750-006-0509-1
63. Iwan Jones J, Sayer CD (2003) Does fish-invertebrate-periphyton cascade precipitate plant loss in shallow lakes. *Ecology* 84: 2155-2167

-
64. Jackson LJ (2003) Macrophyte-dominated and turbid states of shallow lakes: evidence from Alberta Lakes. *Ecosystems* 6: 213-223. doi 10.1007/s10021-002-0001-3
 65. Jackson LJ, Lauridsen TL, Søndergaard M, Jeppesen E (2007) A comparison of shallow Danish and Canadian lakes and implications of climate change. *Freshwater Biology* 52: 1782-1792. doi 10.1111/j.1365-2427.2007.01809.x
 66. James WF, Barko JW, Eakin HL, Helsel DR (2001) Changes in sediment characteristics following drawdown of Big Muskego Lake, Wisconsin. *Archiv für Hydrobiologie* 151: 459-474. doi 10.1127/archiv-hydrobiol/151/2001/459
 67. Jeppesen E, Brucet S, Naselli-Flores L, Papastergiadou E, Stefanidis K, Nöges T, Nöges P, Attayde JL, Zohary T, Coppens J, Bucak T, Menezes RF, Freitas FRS, Kernan M, Søndergaard M, Beklioglu M (2015) Ecological impacts of global warming and water abstraction on lakes and reservoirs due to changes in water level and related changes in salinity. *Hydrobiologia* 750: 201-227. doi 10.1007/s10750-014-2169-x
 68. Jeppesen E, Jensen JP, Søndergaard M, Lauridsen T, Pedersen LJ, Jensen L (1997) Top-down control in freshwater lakes: the role of nutrient state, submerged macrophytes and water depth. *Hydrobiologia* 342-343: 151-164
 69. Jeppesen E, Kronvang B, Meerhoff M, Søndergaard M, Hansen KM, Andersen HE, Lauridsen TL, Liboriussen L, Beklioglu M, Özen A, Olesen J (2009) Climate change effects on runoff, catchment phosphorus loading and lake ecological state, and potential adaptations. *Journal of Environmental Quality* 38: 1930-1941
 70. Jeppesen E, Meerhoff M, Davidson TA, Trolle D, Søndergaard M, Lauridsen TL, Beklioglu M, Brucet S, Volta P, González-Bergonzoni I, Nielsen A (2014) Climate change impacts on lakes: an integrated ecological perspective based on a multi-faceted approach, with special focus on shallow lakes. *Journal of Limnology* 73: 84-107. doi 10.4081/jlimnol.2014.844
 71. Jeppesen E, Meerhoff M, Holmgren K, González-Bergonzoni I, Teixeira-de Mello F, Declerck SAJ, De Meester L, Søndergaard M, Lauridsen TL, Bjerring R (2010) Impacts of climate warming on lake fish community structure and potential effects on ecosystem function. *Hydrobiologia* 646: 73-90
 72. Jeppesen E, Meerhoff M, Jacobsen BA, Hansen RS, Søndergaard M, Jensen JP, Lauridsen TL, Mazzeo N, Branco CWC (2007) Restoration of shallow lakes by nutrient control and biomanipulation – the successful strategy varies with lake size and climate. *Hydrobiologia* 581: 269-285. doi 10.1007/s10750-006-0507-3

73. Jeppesen E, Nøges P, Davidson TA, Haberman J, Nøges T, Blank K, Lauridsen TL, Søndergaard M, Sayer C, Laugaste R, Johansson LS, Bjerring R, Amsinck SL (2011) Zooplankton as indicators in lakes: a scientific-based plea for including zooplankton in the ecological quality assessment of lakes according to the European Water Framework Directive (WFD). *Hydrobiologia* 676: 279-297. doi 10.1007/s10750-011-0831-0
74. Jeppesen E, Søndergaard M, Lauridsen TL, Davidson TA, Liu Z, Mazzeo N, Trochine C, Özkan K, Jensen HS, Trolle D, Starling F, Lazzaro X, Johansson LS, Bjerring R, Liboriussen L, Larsen SE, Landkildehus F, Egemose S, Meerhoff M (2012) Biomanipulation as a restoration tool to combat eutrophication. U: *Advances in Ecological Research*. Elsevier, 411-488. doi 10.1016/B978-0-12-398315-2.00006-5
75. Jeppesen E, Søndergaard M, Søndergaard M, Christoffersen K (Eds.) (1998) The structuring role of submerged macrophytes in lakes, ecological studies. Springer, New York. doi 10.1007/978-1-4612-0695-8
76. Jeppesen E, Trolle D, Davidson TA, Bjerring R, Søndergaard M, Johansson LS, Lauridsen TL, Nielsen A, Larsen SE, Meerhoff M (2016) Major changes in CO₂ efflux when shallow lakes shift from a turbid to a clear water state. *Hydrobiologia* 778: 33-44. doi 10.1007/s10750-015-2469-9
77. Joniak T, Kuczyńska-Kippen N (2010) The chemistry of water and bottom sediments in relation to zooplankton biocenosis in small agricultural ponds. *Oceanological and Hydrobiological Studies* 39: 85-96. doi 10.2478/v10009-010-0020-x
78. Jung M-M (2012) Biological application of two protozoan species, *Euplotes* sp. and *Vorticella* sp., for the stable culture of the rotifer *Brachionus rotundiformis* in laboratory experiments of inter- and tripartite-specific relations. *Fisheries and Aquatic Sciences* 15: 209-213
79. Jürgens K, Arndt H, Zimmermann H (1997) Impact of metazoan and protozoan grazers on bacterial biomass distribution in microcosm experiments. *Aquatic Microbial Ecology* 12: 131-138. doi 10.3354/ame012131
80. Kalff J (2002). *Limnology*. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ
81. Karabin A (1985) Pelagic zooplankton (Rotatoria + Crustacea) variation in the process of lake eutrophication. II. Modifying effects of biotic agents. *Polish Journal of Biology*, 33: 617-644//*Ekologia polska* 33: 617-644
82. Kekelj L (2015) Uloga litoralne zone kao skloništa planktonskih rakova od predacije riba (Diplomski rad). Sveučilište u Zagrebu, PMF, Biološku odsjek, Zagreb.

83. Kisand V, Nõges T (2004) Abiotic and biotic factors regulating dynamics of bacterioplankton in a large shallow lake. *FEMS Microbiology Ecology* 50: 51-62. doi 10.1016/j.femsec.2004.05.009
84. Koste W, Shiel RJ (1989): Rotifera from Australian Inland Waters. III. Euchlanidae, Mytilinidae and Trichotridae (Rotifera: Monogononta). *Transactions of the Royal Society of South Australia* 113: 85-114
85. Kreuzinger-Janik B, Schroeder F, Majdi N, Traunspurger W (2015) Depth-related effects on a meiofaunal community dwelling in the periphyton of a mesotrophic lake. *PLoS ONE* 10: e0137793. doi 10.1371/journal.pone.0137793
86. Kuczyńska-Kippen N (2007) Habitat choice in rotifera communities of three shallow lakes: impact of macrophyte substratum and season. *Hydrobiologia* 593: 27-37
87. Kuczyńska-Kippen N (2020) Response of zooplankton indices to anthropogenic pressure in the catchment of field ponds. *Water* 12: 758. doi 10.3390/w12030758
88. Kuczyńska-Kippen N (2006) The Diurnal Distribution of Rotifers (Rotifera) within a Single *Chara hispida* Bed. *Journal of Freshwater Ecology* 21: 553-559. doi 10.1080/02705060.2006.9664116
89. Kuczyńska-Kippen N, Joniak T (2016) Zooplankton diversity and macrophyte biometry in shallow water bodies of various trophic state. *Hydrobiologia* 774: 39-51. doi 10.1007/s10750-015-2595-4
90. Kuczyńska-Kippen N, Klimaszyk P (2007) Diel microdistribution of physical and chemical parameters within the dense *Chara* bed and their impact on zooplankton. *Biologia, Bratislava* 62: 432-437. doi 10.2478/s11756-007-0080-x
91. Kuczyńska-Kippen N, Nagengast B (2003) The impact of the spatial structure of hydromacrophytes on the similarity of rotifera communities (Budzyńskie Lake, Poland). *Hydrobiologia* 506: 333-338. doi 10.1023/B:HYDR.0000008542.76373.44
92. Kuczyńska-Kippen N, Špoljar M, Zhang C, Pronin M (2020) Zooplankton functional traits as a tool to assess latitudinal variation in the northern-southern temperate European regions during spring and autumn seasons. *Ecological Indicators* 117: 106629. doi 10.1016/j.ecolind.2020.106629
93. Kuczyńska-Kippen NM, Nagengast B (2006). The influence of the spatial structure of hydromacrophytes and differentiating habitat on the structure of rotifer and cladoceran communities. *Hydrobiologia* 559: 203-212

-
94. Lacoul P, Freedman B (2006) Environmental influences on aquatic plants in freshwater ecosystems. *Environmental Reviews* 14: 89-136. doi 10.1139/a06-001
 95. Lampert W (1987) Laboratory studies on zooplankton-cyanobacteria interactions. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 21: 483-490. doi 10.1080/00288330.1987.9516244
 96. Landkildehus F, Søndergaard M, Beklioglu M, Adrian R, Angeler DG, Hejzlar J, Papastergiadou E, Zingel P, Çakiroğlu AI, Scharfenberger U, Drakare S, Nöges T, Šorf M, Stefanidis K, Tavşanoğlu N, Trigal C, Mahdy A, Papadaki C, Tuvikene L, Larsen SE, Kernan M, Jeppesen E (2014) Climate change effects on shallow lakes: design and preliminary results of a cross-European climate gradient mesocosm experiment. *Estonian Journal of Ecology* 63: 71. doi 10.3176/eco.2014.2.02
 97. Lemma B, Benndorf J, Koschel R (2001) Fish predation pressure on and interactions between Cladocerans: observations using enclosures in three temperate lakes (Germany) and one tropical lake (Ethiopia). *Limnologica-Ecology and Management of Inland Waters* 31: 209-220
 98. Lévêque S, Beisner BE, Peres-Neto PR (2010) Meso-scale distributions of lake zooplankton reveal spatially and temporally varying trophic cascades. *Journal of Plankton Research* 32: 1369-1384. doi 10.1093/plankt/fbq064
 99. Li Y, Gal G, Makler-Pick V, Waite AM, Bruce LC, Hipsey MR (2014) Examination of the role of the microbial loop in regulating lake nutrient stoichiometry and phytoplankton dynamics. *Biogeosciences* 11: 2939-2960. doi 10.5194/bg-11-2939-2014
 100. Li Y, Meng J, Zhang C, Ji S, Kong Q, Wang R, Liu J (2020) Bottom-up and top-down effects on phytoplankton communities in two freshwater lakes. *PLoS ONE* 15: e0231357. doi 10.1371/journal.pone.0231357
 101. Maciej Gliwicz Z (2002) On the different nature of top-down and bottom-up effects in pelagic food webs. *Freshwater Biology* 47: 2296-2312. doi 10.1046/j.1365-2427.2002.00990.x
 102. MacIsaac HJ, Gilbert JJ (1989) Competition between rotifers and cladocerans of different body sizes. *Oecologia* 81: 295-301
 103. Madsen JD, Chambers PA, James WF, Koch EW, Westlake DF (2001) The interaction between water movement, sediment dynamics and submersed macrophytes. *Hydrobiologia* 444: 71-84

104. Malekzadeh Viayeh R, Špoljar M (2012) Structure of rotifer assemblages in shallow waterbodies of semi-arid northwest Iran differing in salinity and vegetation cover. *Hydrobiologia* 686: 73-89
105. Manikowska-Ślepówrońska B, Szydzik B, Jakubas D (2016) Determinants of the presence of conflict bird and mammal species at pond fisheries in western Poland. *Aquatic Ecology* 50: 87-95. doi 10.1007/s10452-015-9554-z
106. Margaritora F (1983) Cladoceri. Guida per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane, Vol. 22. Consiglio Nazionale delle Ricerche, Verona.
107. Marinho CC, Meirelles-Pereira F, Gripp A da R, Guimarães C de C, Esteves F de A, Bozelli RL (2010) Aquatic macrophytes drive sediment stoichiometry and the suspended particulate organic carbon composition of a tropical coastal lagoon. *Acta Limnologica Brasiliensia* 22, 208-217. doi 10.4322/actalb.02202010
108. Martiny AC, Vrugt JA, Lomas MW (2014) Concentrations and ratios of particulate organic carbon, nitrogen, and phosphorus in the global ocean. *Scientific Data* 1, 140048. doi 10.1038/sdata.2014.48
109. Matsuzaki SS, Usio N, Takamura N, Washitani I (2007) Effects of common carp on nutrient dynamics and littoral community composition: roles of excretion and bioturbation. *Fundamental and Applied Limnology* 168: 27-38. doi 10.1127/1863-9135/2007/0168-0027
110. Meerhoff M, Iglesias C, De Mello FT, Clemente JM, Jensen E, Lauridsen TL, Jeppesen E (2007) Effects of habitat complexity on community structure and predator avoidance behaviour of littoral zooplankton in temperate versus subtropical shallow lakes. *Freshwater Biology* 52: 1009-1021. doi 10.1111/j.1365-2427.2007.01748.x
111. Meerhoff M, Jeppesen E (2009) Shallow lakes and ponds. U: Likens GE (Ed.) *Encyclopedia of Inland Waters*, 645–655
112. Meira BR de, Lansac-Tôha FM, Segovia BT, Oliveira FR de, Buosi PRB, Jati S, Rodrigues LC, Lansac-Tôha FA, Velho LFM (2017) Abundance and size structure of planktonic protist communities in a neotropical floodplain: effects of top-down and bottom-up controls. *Acta Limnologica Brasiliensia* 29. doi 10.1590/s2179-975x6117
113. Mendonça MM, Picapedra PH dos S, Ferronato MC, Sanches PV (2015) Diel vertical migration of predators (planktivorous fish larvae) and prey (zooplankton) in a tropical lagoon. *Iheringia, Sér. Zool.* 105: 174-183. doi 10.1590/1678-476620151052174183

114. Ministarstvo zaštite okoliša i prirode RH (2013) Pravilnik o strogo zaštićenim vrstama. Narodne novine 80/2013
115. Miracle MR, Alfonso MT, Vicente E (2007) Fish and nutrient enrichment effects on rotifers in a Mediterranean shallow lake: a mesocosm experiment. *Hydrobiologia* 593: 77-94
116. Mooij WM, Janse JH, De Senerpont Domis LN, Hülsmann S, Ibelings BW (2007) Predicting the effect of climate change on temperate shallow lakes with the ecosystem model PCLake. *Hydrobiologia* 584: 443-454. doi 10.1007/s10750-007-0600-2
117. Moss B, Jeppesen E, Søndergaard M, Lauridsen TL, Liu Z (2013) Nitrogen, macrophytes, shallow lakes and nutrient limitation: resolution of a current controversy? *Hydrobiologia* 710: 3-21
118. Moss B, Kosten S, Meerhoff M, Battarbee RW, Jeppesen E, Mazzeo N, Havens K, Lacerot G, Liu Z, De Meester L, Paerl H, Scheffer M (2011) Allied attack: climate change and eutrophication. *Inland Waters* 1: 101-105. doi 10.5268/IW-1.2.359
119. Moss B, Stephen D, Balayla DM, Becares E, Collings SE, Fernandez-Alaez C, Fernandez-Alaez M, Ferriol C, Garcia P, Goma J, Gyllstrom M, Hansson L-A, Hietala J, Kairesalo T, Miracle MR, Romo S, Rueda J, Russell V, Stahl-Delbanco A, Svensson M, Vakkilainen K, Valentin M, Van de Bund WJ, Van Donk E, Vicente E, Villena MJ (2004) Continental-scale patterns of nutrient and fish effects on shallow lakes: synthesis of a pan-European mesocosm experiment. *Freshwater Biology* 49: 1633-1649. doi 10.1111/j.1365-2427.2004.01304.x
120. Mullins ML, Doyle RD (2019) Big things come in small packages: why limnologists should care about small ponds. *Acta Limnologica Brasiliensia* 31: e105. doi 10.1590/s2179-975x4119
121. Murphy K, Efremov A, Davidson TA, Molina-Navarro E, Fidanza K, Crivelari Betiol TC, Chambers P, Tapia Grimaldo J, Varandas Martins S, Springuel I, Kennedy M, Mormul RP, Dibble E, Hofstra D, Lukács BA, Gebler D, Baastrup-Spohr L, Urrutia-Estrada J (2019) World distribution, diversity and endemism of aquatic macrophytes. *Aquatic Botany* 158: 103127. doi 10.1016/j.aquabot.2019.06.006
122. Nieman CL, Gray SM (2019) Visual performance impaired by elevated sedimentary and algal turbidity in walleye *Sander vitreus* and emerald shiner *Notropis atherinoides*. *Journal of Fish Biology* 95: 186-199. doi 10.1111/jfb.13878

123. North RP, North RL, Livingstone DM, Köster O, Kipfer R (2014) Long-term changes in hypoxia and soluble reactive phosphorus in the hypolimnion of a large temperate lake: consequences of a climate regime shift. *Global Change Biology* 20: 811-823. doi 10.1111/gcb.12371
124. Nunn AD, Tewson LH, Cowx IG (2012) The foraging ecology of larval and juvenile fishes. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 22: 377-408. doi 10.1007/s11160-011-9240-8
125. Nusch EA (1980) Comparison of different methods for chlorophyll and phaeopigment determination. *Archiv für Hydrobiologie-Beiheft Ergebnisse der Limnologie* 14: 14-36
126. Odum PE (1971) *Fundamentals of ecology*. W.B. Saunders Company, Philadelphia, London, Toronto
127. Odum EP (1984) The mesocosm. *BioScience* 34: 558-562. doi 10.2307/1309598
128. Onandia G, Dias JD, Miracle MR (2015) Zooplankton grazing on natural algae and bacteria under hypertrophic conditions. *Limnetica* 34: 541-560. doi 10.23818/limn.34.40
129. Özen A, Šorf M, Trochine C, Liboriussen L, Beklioglu M, Søndergaard M, Lauridsen TL, Johansson LS, Jeppesen E (2013) Long-term effects of warming and nutrients on microbes and other plankton in mesocosms: temperature and nutrient effects on microbial plankton. *Freshwater Biology* 58: 483-493. doi 10.1111/j.1365-2427.2012.02824.x
130. Palmer MR, Nepf HM, Pettersson TJR, Ackerman JD (2004) Observations of particle capture on a cylindrical collector: implications for particle accumulation and removal in aquatic systems. *Limnology and Oceanography* 49: 76-85. doi 10.4319/lo.2004.49.1.0076
131. Pasternak AF, Mikheev VN, Wanzenböck J (2006) How plankton copepods avoid fish predation: from individual responses to variations of the life cycle. *Journal of Ichthyology* 46: S220-S226. doi 10.1134/S0032945206110129
132. Pęczuła W, Rechulicz J, Tarkowska-Kukuryk M, Mieczan T (2012) The impact of hornwort (*Ceratophyllum demersum* L.) on cyanobacterial phytoplankton in hypertrophic conditions. results from a laboratory experiment. *Teka Kom. Ochr. Kszt. Środ. Przyr - OL PAN* 9: 164-172
133. Pełechaty M, Pronin E, Pukacz A (2014) Charophyte occurrence in *Ceratophyllum demersum* stands. *Hydrobiologia* 737: 111-120. doi 10.1007/s10750-013-1622-6

134. Phillips G, Kelly A, Pitt J-A, Sanderson R, Taylor E (2005) The recovery of a very shallow eutrophic lake, 20 years after the control of effluent derived phosphorus. *Freshwater Biology* 50: 1628-1638. doi 10.1111/j.1365-2427.2005.01434.x
135. Pluntke T, Kozerski H-P (2003) Particle trapping on leaves and on the bottom in simulated submerged plant stands. *Hydrobiologia* 506: 575-581
136. Quirós R (2003) The relationship between nitrate and ammonia concentrations in the pelagic zone of lakes. *Limnetica* 22: 37-50
137. Radwan S, Bielańska-Grajner I, Esjmont-Karabin J (2007) Rotifers (Rotifera) – General Part; Monogononta: Systematic Part, The freshwater fauna of Poland. Backhuys Publishers, Leiden
138. Riley WD, Potter ECE, Biggs J, Collins AL, Jarvie HP, Jones JI, Kelly-Quinn M, Ormerod SJ, Sear DA, Wilby RL, Broadmeadow S, Brown CD, Chanin P, Copp GH, Cowx IG, Grogan A, Hornby DD, Huggett D, Kelly MG, Naura M, Newman JR, Siriwardena GM (2018) Small water bodies in Great Britain and Ireland: ecosystem function, human-generated degradation, and options for restorative action. *Science of the Total Environment* 645: 1598-1616. doi 10.1016/j.scitotenv.2018.07.243
139. Robarts RD, Carr GM (2009) Bacterioplankton. U: *Encyclopedia of Inland Waters*. Elsevier, 193-200
140. Romo S, Miracle MR, Villena MJ, Rueda J, Ferriol C, Vicente E (2004) Mesocosm experiments on nutrient and fish effects on shallow lake food webs in a Mediterranean climate. *Freshwater Biology* 49: 1593-1607
141. Rosińska J, Romanowicz-Brzozowska W, Kozak A, Gołdyn R (2019) Zooplankton changes during bottom-up and top-down control due to sustainable restoration in a shallow urban lake. *Environmental Science and Pollution Research* 26: 19575-19587. doi 10.1007/s11356-019-05107-z
142. Roskov Y, Ower G, Orrell T, Nicolson D, Bailly N, Kirk PM, Bourgoin T, DeWalt RE, Decock W, Nieukerken E van, Zarucchi J, Penev L (Eds.) (2019) Species 2000 & ITIS Catalogue of Life, 2019 Annual Checklist. Digital resource at www.catalogueoflife.org/annual-checklist/2019. Species 2000: Naturalis, Leiden, The Netherlands
143. Sanders RW, Wickham SA (1993) Planktonic protozoa and metazoa: Predation, food quality and population control. *Marine Microbial Food Webs* 7: 197-223

-
144. Scheffer M, Carpenter S, Foley JA, Folke C, Walker B (2001) Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature* 413: 591-596. doi 10.1038/35098000
 145. Scheffer M, Hosper SH, Meijer M-L, Moss B, Jeppesen, E (1993) Alternative equilibria in shallow lakes. *Trends in Ecology & Evolution* 8: 275-279. doi 10.1016/0169-5347(93)90254-M
 146. Scheffer M, van Nes EH (2007) Shallow lakes theory revisited: various alternative regimes driven by climate, nutrients, depth and lake size. *Hydrobiologia* 584: 455-466
 147. Scheuerl T, Stelzer C-P (2013) Patterns and dynamics of rapid local adaptation and sex in varying habitat types in rotifers. *Ecology and Evolution* 3: 4253-4264. doi 10.1002/ece3.781
 148. Schou MO, Risholt C, Lauridsen TL, Søndergaard M, Grønkjaer P, Jacobsen L, Berg S, Skov C, Brucet S, Jeppesen E (2009) Restoring lakes by using artificial plant beds: habitat selection of zooplankton in a clear and a turbid shallow lake. *Freshwater Biology* 54: 1520-1531. doi 10.1111/j.1365-2427.2009.02189.x
 149. Sgarzi S, Badosa A, Leiva-Presa À, Benejam L, López-Flores R, Brucet S (2019) Plankton taxonomic and size diversity of Mediterranean brackish ponds in spring: influence of abiotic and biotic factors. *Water* 11: 106. doi 10.3390/w11010106
 150. Sherr E, Sherr B (1988) Role of microbes in pelagic food webs: a revised concept. *Limnology and Oceanography* 33: 1225-1227. doi 10.4319/lo.1988.33.5.1225
 151. Smart RM, Dick GO, Snow JR (2005) Update to the propagation and establishment of aquatic plants handbook. U.S. Army Engineer Research and Development Center, Lewisville
 152. Sodr  E de O, Bozelli RL (2019) How planktonic microcrustaceans respond to environment and affect ecosystem: a functional trait perspective. *International Aquatic Research* 11: 207-223. doi 10.1007/s40071-019-0233-x
 153. Sommer U, Gliwicz ZM, Lampert W, Duncan A (1986) The PEG-model of seasonal succession of planctonic events in fresh waters. *Archiv fuer Hydrobiologie* 106: 433-471
 154. Søndergaard M, Jensen JP, Jeppesen E (2003) Role of sediment and internal loading of phosphorus in shallow lakes. *Hydrobiologia* 506: 135–145. doi 10.1023/B:HYDR.0000008611.12704.dd
 155. Stefanidis K, Sarika M, Papastegiadou E (2019) Exploring environmental predictors of aquatic macrophytes in water-dependent Natura 2000 sites of high conservation value:

- results from a long-term study of macrophytes in Greek lakes. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 29: 1133-1148. doi 10.1002/aqc.3036
156. Stephen D, Balayla DM, Becares E, Collings SE, Fernandez-Alaez C, Fernandez-Alaez M, Ferriol C, Garcia P, Goma J, Gyllstrom M, Hansson L-A, Hietala J, Kairesalo T, Miracle MR, Romo S, Rueda J, Stahl-Delbanco A, Svensson M, Vakkilainen K, Valentin M, Van de Bund WJ, Van Donk E, Vicente E, Villena MJ, Moss B (2004a) Continental-scale patterns of nutrient and fish effects on shallow lakes: introduction to a pan-European mesocosm experiment. *Freshwater Biology* 49: 1517-1524. doi 10.1111/j.1365-2427.2004.01302.x
 157. Stephen D, Balayla DM, Collings SE, Moss B (2004b) Two mesocosm experiments investigating the control of summer phytoplankton growth in a small shallow lake. *Freshwater Biology* 49: 1551-1564. doi 10.1111/j.1365-2427.2004.01298.x
 158. Sterble H, Krauter D (2011) *Das Leben im Wassertropfen*. Kosmos. Stuttgart
 159. Šorf M, Davidson TA, Brucet S, Menezes RF, Søndergaard M, Lauridsen TL, Landkildehus F, Liboriussen L, Jeppesen E (2015) Zooplankton response to climate warming: a mesocosm experiment at contrasting temperatures and nutrient levels. *Hydrobiologia* 742: 185-203. doi 10.1007/s10750-014-1985-3
 160. Špoljar M (2013) Microaquatic communities as indicators of environmental changes in lake ecosystems. *Journal of Engineering Research* 1: 29-42
 161. Špoljar M, Dražina T, Habdija I, Meseljević M, Grčić Z (2011a) Contrasting zooplankton assemblages in two oxbow lakes with low transparencies and narrow emergent macrophyte belts (Krapina River, Croatia). *International Review of Hydrobiology* 96: 175-190
 162. Špoljar M, Dražina T, Lajtner J, Duić Sertić M, Radanović I, Wallace RL, Matulić D, Tomljanović T (2018a) Zooplankton assemblage in four temperate shallow waterbodies in association with habitat heterogeneity and alternative states. *Limnologia* 71: 51-61. doi 10.1016/j.limno.2018.05.004
 163. Špoljar M, Dražina T, Lajtner J, Kovačević G, Pestić A, Matijašec D, Tomljanović T (2018b) Impact of water level fluctuation in the shaping of zooplankton assemblage in a shallow lake. *Croatian Journal of Fisheries* 76: 27-34. doi 10.2478/cjf-2018-0003
 164. Špoljar M, Dražina T, Šargač J, Kralj Borojević K, Žutinić P (2012a) Submerged macrophytes as a habitat for zooplankton development in two reservoirs of a flow-

- through system (Papuk Nature Park, Croatia). *Annales de Limnologie – International Journal of Limnology* 48: 161-175. doi 10.1051/limn/2012005
165. Špoljar M, Fressl J, Dražina T, Meseljević M, Grčić Z (2012b) Epiphytic metazoans on emergent macrophytes in oxbow lakes of the Krapina River, Croatia: differences related to plant species and limnological conditions. *Acta Botanica Croatica* 71: 125-138
 166. Špoljar M, Habdija I, Primc-Habdija B (2007) The influence of the lotic and lentic stretches on the zooseston flux through the Plitvice Lakes (Croatia). *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology* 43: 29-40
 167. Špoljar M, Lajtner J, Dražina T, Malekzadeh Viayeh R, Radanović I, Zrinščak I, Fressl J, Matijašec D (2017a) Disentangling food webs interactions in the littoral of temperate shallow lakes. *Natura Croatica* 26: 145-166. doi 10.20302/NC.2017.26.14
 168. Špoljar M, Tomljanović T, Dražina T, Lajtner J, Štulec H, Matulić D, Fressl J (2016) Zooplankton structure in two interconnected ponds: similarities and differences. *Croatian Journal of Fisheries* 74: 6-13. doi 10.1515/cjf-2016-0002
 169. Špoljar M, Tomljanović T, Lalić I (2011b) Eutrophication impact on zooplankton community: a shallow lake approach. *The Holistic Approach to Environment* 4: 131-142
 170. Špoljar M, Zhang C, Dražina T, Zhao G, Lajtner J, Radonić G (2017b) Development of submerged macrophyte and epiphyton in a flow-through system: assessment and modelling predictions in interconnected reservoirs. *Ecological Indicators* 75: 145-154. doi 10.1016/j.ecolind.2016.12.038
 171. Thomaz SM, Cunha ER da (2010) The role of macrophytes in habitat structuring in aquatic ecosystems: methods of measurement, causes and consequences on animal assemblages' composition and biodiversity. *Acta Limnologica Brasiliensia* 22: 218-236. doi 10.4322/actalb.02202011
 172. Thorp JH, Covich AP (2001) Ecology and classification of North American freshwater invertebrates. Academic Press, San Diego
 173. Tomec M (1997) Fizikalno-kemijske i biološke karakteristike šaranskih ribnjaka. *Ribarstvo* 55: 167-173
 174. Vakkilainen K, Kairesalo T, Hietala J, Balayla DM, Becares E, Van de Bund WJ, Van Donk E, Fernandez-Alaez M, Gyllstrom M, Hansson L-A, Miracle MR, Moss B, Romo S, Rueda J, Stephen D (2004) Response of zooplankton to nutrient enrichment and fish

- in shallow lakes: a pan-European mesocosm experiment. *Freshwater Biology* 49: 1619-1632. doi 10.1111/j.1365-2427.2004.01300.x
175. van de Bund WJ, van Donk E (2004) Effects of fish and nutrient additions on food-web stability in a charophyte-dominated lake. *Freshwater Biology* 49: 1565-1573. doi 10.1111/j.1365-2427.2004.01301.x
176. van Donk E, van de Bund WJ (2002) Impact of submerged macrophytes including charophytes on phyto- and zooplankton communities: allelopathy versus other mechanisms. *Aquatic Botany* 72: 261-274. doi 10.1016/S0304-3770(01)00205-4
177. van Onsem S, Triest L (2018) Turbidity, waterfowl herbivory, and propagule banks shape submerged aquatic vegetation in ponds. *Frontiers in Plant Science* 9: 1514. doi 10.3389/fpls.2018.01514
178. van Wichelen J, Declerck S, Muylaert K, Hoste I, Geenens V, Vandekerckhove J, Michels E, de Pauw N, Hoffmann M, de Meester L, Vyverman W (2007) The importance of drawdown and sediment removal for the restoration of the eutrophied shallow Lake Kraenepoel (Belgium). *Hydrobiologia* 584: 291-303. doi 10.1007/s10750-007-0611-z
179. Vanderstukken M, Declerck SAJ, Pals A, Meester L, Muylaert K (2010) The influence of plant-associated filter feeders on phytoplankton biomass: a mesocosm study. *Hydrobiologia* 646: 199-208. doi 10.1007/s10750-010-0189-8
180. Vanderstukken M, Mazzeo N, van Colen W, Declerck SAJ, Muylaert K (2011) Biological control of phytoplankton by the subtropical submerged macrophytes *Egeria densa* and *Potamogeton illinoensis*: a mesocosm study: Subtropical macrophytes control phytoplankton. *Freshwater Biology* 56: 1837-1849. doi 10.1111/j.1365-2427.2011.02624.x
181. Verbitsky VB, Verbitskaya TI (2011) Effects of constant and stepwise changes in temperature on the species abundance dynamics of four cladocera species. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 402: 03. doi 10.1051/kmae/2011019
182. Vermaat JE, Santamaria L, Roos PJ (2000) Water flow across and sediment trapping in submerged macrophyte beds of contrasting growth form. *Archives of Hydrobiology* 148: 549-562
183. Voigt M, Koste W (1978) *Die Rädertiere Mitteleuropas*. Gebrüder Borntraeger, Berlin, Stuttgart

184. Węgleńska T, Ejsmont-Karabin J, Rybak JI (1997) Biotic interactions of the zooplankton community of a shallow, humic lake. *Hydrobiologia* 342-343: 185-195
185. Wetzel RG (2001) *Limnology: lake and river ecosystems*. 3rd edn. Academic press
186. Woolway RI, Meinson P, Nöges P, Jones ID, Laas A (2017) Atmospheric stilling leads to prolonged thermal stratification in a large shallow polymictic lake. *Climatic Change* 141: 759-773. doi 10.1007/s10584-017-1909-0
187. Zhang C, Huang Y, Špoljar M, Zhang W., Kuczyńska-Kippen N (2018) Epiphyton dependency of macrophyte biomass in shallow reservoirs and implications for water transparency. *Aquatic Botany* 150: 46-52. doi 10.1016/j.aquabot.2018.07.001
188. Zhang Y, Jeppesen E, Liu X, Qin B, Shi K, Zhou Y, Thomaz SM, Deng J (2017) Global loss of aquatic vegetation in lakes. *Earth-Science Reviews* 173: 259-265. doi 10.1016/j.earscirev.2017.08.013

9 PRILOZI

Prilog A. Značajne korelacije fizikalno-kemijskih čimbenika i izvora hrane.

Prilog B. Popis vrsta i brojnost zooplanktona na postaji S1P.

Prilog C. Popis vrsta i brojnost zooplanktona na postaji S1PV.

Prilog D. Popis vrsta i brojnost zooplanktona na postaji S1RM.

Prilog E. Popis vrsta i brojnost zooplanktona na postaji S1M.

Prilog F. Popis vrsta i brojnost zooplanktona na postaji S2P.

Prilog G. Popis vrsta i brojnost zooplanktona na postaji S2L.

Prilog H. Popis vrsta i brojnost zooplanktona na postaji K.

Prilog I. Popis vrsta i brojnost zooplanktona na postaji MM.

Prilog J. Popis vrsta i brojnost zooplanktona na postaji MR.

Prilog K. Značajne korelacije brojnosti zooplanktona i okolišnih čimbenika te izvora hrane.

Prilog L. Značajne korelacije veličinskih kategorija zooplanktona i drugih razmatranih čimbenika.

Prilog M. Značajne korelacije biomase skupina i trofičkih skupina zooplanktona i drugih razmatranih čimbenika.

Prilog A. Značajne korelacije fizikalno-kemijskih čimbenika i izvora hrane (Spearmanov koeficijent korelacije, r , $p < 0,05$).

Čimbenik	Pokrovnost makrofita (%)	Prozirnost (z_{SD} , m)	Udio prozirnog stupca vode (%)	Temperatura (°C)	Otopljeni kisik (mg L^{-1})	Električna vodljivost ($\mu\text{S cm}^{-1}$)
Pokrovnost makrofita (%)			0,520			−0,562
Prozirnost – Secchi disk (z_{SD} , m)						
Udio prozirnog stupca vode (%)	0,520					
Temperatura (°C)					−0,249	
Otopljeni kisik (mg L^{-1})				−0,246		
Električna vodljivost ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	−0,562					
pH						
Ortofosfati ($\text{mg P-PO}_4^{3-} \text{ L}^{-1}$)						
Nitrati ($\text{mg N-NO}_3^- \text{ L}^{-1}$)	−0,258			−0,361		0,300
Ukupni dušik (mg N L^{-1})				0,426		
DOM ($\text{mg O}_{2(\text{Mn})} \text{ L}^{-1}$)				0,323		
Biomasa fitoplanktona ($\mu\text{g Chl } a \text{ L}^{-1}$)	0,273					
POM (mg AFDM L^{-1})	0,728	−0,245			−0,604	

Prilog A. – nastavak. Značajne korelacije fizikalno-kemijskih čimbenika i izvora hrane (Spearmanov koeficijent korelacije, r , $p < 0,05$).

Čimbenik	Ortofosfati (mg P-PO ₄ ³⁻ L ⁻¹)	Ukupni fosfor (mg P L ⁻¹)	Nitrati (mg N-NO ₃ ⁻ L ⁻¹)	Ukupni dušik (mg N L ⁻¹)	DOM (mg O _{2(Mn)} L ⁻¹)	Biomasa fitoplanktona (μg Chl <i>a</i> L ⁻¹)	POM (mg AFDM L ⁻¹)
Pokrovnost makrofita (%)			-0,258			0,273	0,728
Prozirnost – Secchi disk (z _{SD} , m)							-0,245
Temperatura (°C)			-0,361	0,426	0,323		
Otopljeni kisik (mg L ⁻¹)							-0,604
Električna vodljivost (μS cm ⁻¹)			0,300				
Ukupni dušik (mg N L ⁻¹)						0,415	
DOM (mg O _{2(Mn)} L ⁻¹)						0,370	
Biomasa fitoplanktona (μg Chl <i>a</i> L ⁻¹)				0,415	0,370		0,389
POM (mg AFDM L ⁻¹)						0,389	

Prilog B. Popis vrsta i brojnost zooplanktona na postaji S1P.

Kratice: L – litoralna vrsta; P – planktonska vrsta; Mi – mikrofiltratori; Ma – makrofiltratori; P – predatori.

Skupina	Vrsta	Preferirano stanište	Prehranbena skupina	Brojnost vrsta (jed. L ⁻¹) na postaji S1P								
				V.	VI./1	VI./2	VII./1	VII./2	VIII./1	VIII./2	IX.	X.
Cladocera	<i>Bosmina longirostris</i> (O. F. Müller, 1776)	P	Mi	27 ± 2	34 ± 20	13 ± 7	7 ± 7	8 ± 9	96 ± 24	1 ± 1	17 ± 13	42 ± 30
	UKUPNO			27 ± 2	34 ± 20	13 ± 7	7 ± 7	8 ± 9	96 ± 24	1 ± 1	17 ± 13	42 ± 30
Copepoda	nauplij	P	Mi	126 ± 58	58 ± 27	451 ± 128	628 ± 126	263 ± 108	555 ± 46	608 ± 311	168 ± 56	103 ± 31
	kopepodit	P	Ma		29 ± 21				46 ± 30	16 ± 19	21 ± 5	15 ± 4
	<i>Macrocyclus albidus</i> (Jurine, 1820)	L	P	103 ± 38	27 ± 7	281 ± 91	102 ± 32	21 ± 22	89 ± 19		2 3	8 ± 10
	UKUPNO			229 ± 86	114 ± 53	732 ± 214	730 ± 158	284 ± 129	689 ± 57	624 ± 324	191 ± 58	127 ± 34
Rotifera	<i>Anuraeopsis fissa</i> Gosse, 1851	P	Mi					5 ± 6	3098 ± 480	76 ± 21	14 ± 3	
	<i>Ascomorpha saltans</i> Bartsch, 1870	P	Ma							10 ± 7	16 ± 10	
	<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse, 1850	P	P			307 ± 137	83 ± 16	9 ± 3	33 ± 23		49 ± 17	46 ± 26
	<i>Brachionus angularis</i> Gosse, 1851	P	Mi				1 ± 2	9 ± 5	203 ± 34	334 ± 178	9 ± 6	
	<i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas, 1766	P	Mi			39 ± 13	26 ± 14	10 ± 5				
	<i>Brachionus falcatus</i> Zacharias, 1898	P	Mi			2 ± 4	17 ± 12	6 ± 0	5 ± 4	106 ± 60	2 ± 3	
	<i>Brachionus quadridentatus</i> Hermann, 1783	L	Mi					1 ± 2				
	<i>Cephalodella elegans</i> Myers, 1924	L	P							20 ± 7	2 ± 3	
	<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)	P	Mi		2 ± 4	13 ± 11	28 ± 7	15 ± 3	56 ± 16	121 ± 81	68 ± 31	
	<i>Gastropus stylifer</i> Imhof, 1891	P	Mi		2 ± 4							

Prilog B. – nastavak. Popis vrsta i brojnost zooplanktona na postaji S1P.

Kratice: L – litoralna vrsta; P – planktonska vrsta; Mi – mikrofiltratori; Ma – makrofiltratori.

Skupina	Vrsta	Preferirano stanište	Prehranbena skupina	Brojnost vrsta (jed. L ⁻¹) na postaji S1P								
				V.	VI./1	VI./2	VII./1	VII./2	VIII./1	VIII./2	IX.	X.
Rotifera	<i>Hexarthra mira</i> (Hudson, 1871)	P	Mi							21 ± 5	76 ± 6	
	<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)	P	Mi	5965 ± 1608	38 ± 22	5473 ± 1622	365 ± 33	414 ± 55	765 ± 29	62 ± 20	399 ± 112	46 ± 20
	<i>Keratella quadrata</i> (Müller, 1786)	P	Mi	108 ± 58	11 ± 10	244 ± 75	70 ± 20	15 ± 3	18 ± 4			4 ± 4
	<i>Keratella tecta</i> (Gosse, 1851)	P	Mi	22 ± 10		740 ± 106	91 ± 21	43 ± 16				
	<i>Lecane bulla</i> (Gosse, 1851)	L	Mi		2 ± 4			2 ± 2				
	<i>Lecane cornuta</i> (Müller, 1786)	L	Mi					3 ± 3	3 ± 4			
	<i>Lecane lunaris</i> (Ehrenberg, 1832)	L	Mi		2 ± 4		2 ± 2				2 ± 3	
	<i>Lepadella patella</i> (Müller, 1773)	L	Mi			2 ± 4			3 ± 4	1 ± 1		
	<i>Plationus patulus</i> (Müller, 1786)	L	Mi			2 ± 4	1 ± 2					
	<i>Polyarthra</i> spp.	P	Ma	1 ± 2	4 ± 8	28 ± 21	98 ± 40	741 ± 150	978 ± 232	628 ± 202	208 ± 50	1389 ± 80
	<i>Pompholyx complanata</i> Gosse, 1851	P	Mi	2 ± 4			10 ± 5	77 ± 21	101 ± 58			
	<i>Synchaeta pectinata</i> Ehrenberg, 1832	P	Ma								2 ± 3	
	<i>Testudinella parva</i> (Ternetz, 1892)	L	Mi					7 ± 12				
	<i>Trichocerca similis</i> (Wierzejski, 1893)	P	Ma	116 ± 46	148 ± 51	882 ± 291	409 ± 89	436 ± 84	3445 ± 129	524 ± 179	341 ± 84	36 ± 18
	<i>Trichotria pocillum</i> (Müller, 1776)	L	Ma						5 ± 9			
UKUPNO				6215 ± 1700	211 ± 52	7733 ± 2217	1201 ± 212	1795 ± 252	8712 ± 83	1904 ± 738	1186 ± 184	1522 ± 145
SVEUKUPNO				6471 ± 1785	359 ± 70	8478 ± 2432	1938 ± 375	2087 ± 388	9497 ± 124	2529 ± 1057	1394 ± 252	1691 ± 206

Prilog C. Popis vrsta i brojnost zooplanktona na postaji S1PV.

Kratice: L – litoralna vrsta; P – planktonska vrsta; Mi – mikrofiltratori; Ma – makrofiltratori; P – predatori.

Skupina	Vrsta	Preferirano stanište	Prehranbena skupina	Brojnost vrsta (jed. L ⁻¹) na postaji S1PV								
				V.	VI./1	VI./2	VII./1	VII./2	VIII./1	VIII./2	IX.	X.
Cladocera	<i>Bosmina longirostris</i> (O. F. Müller, 1776)	P	Mi	525 ± 146	120 ± 60	20 ± 9	22 ± 7	7 ± 11	104 ± 38	5 ± 8	89 ± 24	175 ± 47
	<i>Daphnia longispina</i> (O. F. Müller, 1776)	P	Ma				2 ± 4		4 ± 6			
	UKUPNO			525 ± 146	120 ± 60	20 ± 9	24 ± 11	7 ± 11	108 ± 32	5 ± 8	89 ± 24	175 ± 47
Copepoda	nauplij	P	Mi	161 ± 41	374 ± 58	479 ± 191	1183 ± 540	421 ± 183	450 ± 27	274 ± 104	304 ± 33	163 ± 121
	kopepodit	P	Ma	73 ± 59	10 ± 17	15 ± 15			76 ± 86	96 ± 51	68 ± 26	50 ± 11
	<i>Macrocyclus albidus</i> (Jurine, 1820)	L	P	246 ± 70	62 ± 8	577 ± 165	221 ± 121	144 ± 104	86 ± 39	5 ± 8	10 ± 4	31 ± 39
	UKUPNO			320 ± 157	446 ± 38	1071 ± 255	1404 ± 661	565 ± 287	612 ± 100	374 ± 132	383 ± 62	244 ± 149
Rotifera	<i>Anuraeopsis fissa</i> Gosse, 1851	P	Mi	6 ± 10				49 ± 29	2884 ± 441	96 ± 44	46 ± 15	13 ± 11
	<i>Ascomorpha saltans</i> Bartsch, 1870	P	Ma							283 ± 258	10 ± 4	
	<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse, 1850	P	P		5 ± 8	424 ± 82	139 ± 73	39 ± 34	11 ± 11	5 ± 8	58 ± 12	75 ± 0
	<i>Brachionus angularis</i> Gosse, 1851	P	Mi				12 ± 15	16 ± 6	112 ± 41	149 ± 65	28 ± 12	
	<i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas, 1766	P	Mi	3 ± 5	5 ± 8	631 ± 222	62 ± 40	59 ± 26				
	<i>Brachionus falcatus</i> Zacharias, 1898	P	Mi		5 ± 8	5 ± 9	156 ± 55	91 ± 25		53 ± 33		
	<i>Brachionus quadridentatus</i> Hermann, 1783	L	Mi					10 ± 10				
	<i>Cephalodella elegans</i> Myers, 1924	L	P							5 ± 8	3 ± 4	
	<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)	P	Mi	3 ± 5	5 ± 8	202 ± 60	120 ± 52	75 ± 57	299 ± 129	2290 ± 114	385 ± 53	
	<i>Gastropus stylifer</i> Imhof, 1891	P	Mi		5 ± 8							

Prilog C. – nastavak. Popis vrsta i brojnost zooplanktona na postaji S1PV.

Kratice: L – litoralna vrsta; P – planktonska vrsta; Mi – mikrofiltratori; Ma – makrofiltratori.

Skupina	Vrsta	Preferirano stanište	Prehranbena skupina	Brojnost vrsta (jed. L ⁻¹) na postaji S1PV								
				V.	VI./1	VI./2	VII./1	VII./2	VIII./1	VIII./2	IX.	X.
Rotifera	<i>Hexarthra mira</i> (Hudson, 1871)	P	Mi							34 ± 30	162 ± 38	
	<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)	P	Mi	1429 ± 115	149 ± 42	3863 ± 334	624 ± 427	565 ± 133	518 ± 195	29 ± 0	524 ± 260	56 ± 38
	<i>Keratella quadrata</i> (Müller, 1786)	P	Mi	167 ± 75	10 ± 8	355 ± 163	190 ± 56	36 ± 46	50 ± 33			13 ± 11
	<i>Keratella tecta</i> (Gosse, 1851)	P	Mi	18 ± 23		498 ± 133	290 ± 108	127 ± 52				
	<i>Lecane bulla</i> (Gosse, 1851)	L	Mi			5 ± 9	2 ± 4					
	<i>Lecane cornuta</i> (Müller, 1786)	L	Mi					3 ± 6				
	<i>Lecane lunaris</i> (Ehrenberg, 1832)	L	Mi		5 ± 8		2 ± 4			10 ± 8		
	<i>Lepadella patella</i> (Müller, 1773)	L	Mi						7 ± 12	5 ± 8	3 ± 4	
	<i>Plationus patulus</i> (Müller, 1786)	L	Mi			5 ± 9	10 ± 4					
	<i>Polyarthra</i> spp.	P	Ma	3 ± 5	14 ± 14	64 ± 9	348 ± 286	1591 ± 673	1080 ± 368	835 ± 276	127 ± 43	558 ± 39
	<i>Pompholyx complanata</i> Gosse, 1851	P	Mi	21 ± 13		10 ± 17	235 ± 74	301 ± 115	29 ± 6		3 ± 4	
	<i>Synchaeta pectinata</i> Ehrenberg, 1832	P	Ma							10 ± 8	5 ± 4	
	<i>Testudinella parva</i> (Ternetz, 1892)	L	Mi			5 ± 9						
	<i>Trichocerca similis</i> (Wierzejski, 1893)	P	Ma	44 ± 55	254 ± 36	508 ± 120	782 ± 277	882 ± 294	4057 ± 817	653 ± 164	1099 ± 191	263 ± 132
UKUPNO				1693 ± 250	456 ± 96	6576 ± 589	2974 ± 1123	3845 ± 1413	9072 ± 1845	4454 ± 757	2452 ± 540	978 ± 136
SVEUKUPNO				2537 ± 514	1022 ± 14	7666 ± 705	4402 ± 1736	4417 ± 1710	9792 ± 1923	4834 ± 841	2923 ± 589	1397 ± 242

Prilog D. Popis vrsta i brojnost zooplanktona na postaji S1RM.

Kratice: L – litoralna vrsta; P – planktonska vrsta; Mi – mikrofiltratori; Ma – makrofiltratori.

Skupina	Vrsta	Preferirano stanište	Prehranbena skupina	Brojnost vrsta (jed. L ⁻¹) na postaji S1RM								
				V.	VI./1	VI./2	VII./1	VII./2	VIII./1	VIII./2	IX.	X.
Cladocera	<i>Alona costata</i> Sars, 1862	L	Mi			6 ± 5	1 ± 2					
	<i>Alona guttata</i> Sars, 1862	L	Mi					2 ± 4				
	<i>Bosmina longirostris</i> (O. F. Müller, 1776)	P	Mi			1 ± 2		1 ± 2	40 ± 27		11 ± 2	
	<i>Ceriodaphnia quadrangula</i> (O. F. Müller, 1785)	L	Ma					53 ± 35	3 ± 5			
	<i>Ceriodaphnia reticulata</i> (Jurine, 1820)	L	Ma			59 ± 49	7 ± 4					
	<i>Chydorus sphaericus</i> (O. F. Müller, 1776)	L	Mi					1 ± 2				
	<i>Moina brachiata</i> (Jurine, 1820)	P	Mi					19 ± 8			1 ± 2	
	<i>Pleuroxus truncatus</i> (O. F. Müller, 1785)	L	Mi		24 ± 32	1 ± 2						
	<i>Pleuroxus uncinatus</i> (Baird, 1850)	L	Mi					6 ± 2	2 ± 4			
	<i>Scapholeberis mucronata</i> (O. F. Müller, 1776)	L	Ma						17 ± 30			
	<i>Simocephalus exspinosus</i> (De Geer, 1778)	L	Ma				7 ± 12				10 ± 11	
	<i>Simocephalus serrulatus</i> (Koch, 1841)	L	Ma			17 ± 12	6 ± 5					
	<i>Simocephalus vetulus</i> (O. F. Müller, 1776)	L	Ma		10 ± 16	4 ± 5	1 ± 2	1 ± 2				
UKUPNO					88 ± 54	23 ± 5	83 ± 35	63 ± 58	0 ± 0	23 ± 11	34 ± 32	

Prilog D. – nastavak. Popis vrsta i brojnost zooplanktona na postaji S1RM.

Kratice: L – litoralna vrsta; P – planktonska vrsta; Mi – mikrofiltratori; Ma – makrofiltratori; P – predatori.

Skupina	Vrsta	Preferirano stanište	Prehranbena skupina	Brojnost vrsta (jed. L ⁻¹) na postaji S1RM								
				V.	VI./1	VI./2	VII./1	VII./2	VIII./1	VIII./2	IX.	X.
Copepoda	nauplij	P	Mi		13 ± 13	94 ± 10	392 ± 91	547 ± 59	555 ± 160	566 ± 192	238 ± 36	
	kopepodit	P	Ma					33 ± 23	38 ± 34	15 ± 7	44 ± 21	
	<i>Cyclops</i> spp.	P	P			192 ± 125						
	<i>Macrocyclus albidus</i> (Jurine, 1820)	L	P					8 ± 5	48 ± 16	37 ± 14	34 ± 11	
	<i>Macrocyclus fuscus</i> (Jurine, 1820)	L	P		6 ± 12		124 ± 42	7 ± 3			9 ± 9	
	UKUPNO				19 ± 19	287 ± 134	516 ± 133	594 ± 85	641 ± 183	618 ± 188	324 ± 66	
Rotifera	<i>Anuraeopsis fissa</i> Gosse, 1851	P	Mi					24 ± 14	3326 ± 27	206 ± 118	7 ± 12	
	<i>Ascomorpha saltans</i> Bartsch, 1870	P	Ma					24 ± 22	8 ± 9	26 ± 25	6 ± 2	
	<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse, 1850	P	P			51 ± 20	18 ± 16	11 ± 7	5 ± 9	7 ± 7	4 ± 4	
	<i>Asplanchnopus multiceps</i> (Schränk, 1793)	P	P					6 ± 2				
	Bdelloidea	L	Mi		54 ± 66	3 ± 6	46 ± 79	22 ± 13	8 ± 9	9 ± 11	11 ± 9	
	<i>Brachionus angularis</i> Gosse, 1851	P	Mi						52 ± 89			
	<i>Brachionus angularis bidens</i> Plate, 1851	P	Mi					16 ± 11	76 ± 71	902 ± 319	9 ± 4	
	<i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas, 1766	P	Mi					3 ± 3				
	<i>Brachionus caudatus</i> Barrois & Daday, 1894	P	Mi							3 ± 5		
<i>Brachionus falcatus</i> Zacharias, 1898	P	Mi					20 ± 6		207 ± 54			

Prilog D. – nastavak. Popis vrsta i brojnost zooplanktona na postaji S1RM.

Kratice: L – litoralna vrsta; P – planktonska vrsta; Mi – mikrofiltratori; Ma – makrofiltratori; P – predatori.

Skupina	Vrsta	Preferirano stanište	Prehrambena skupina	Brojnost vrsta (jed. L ⁻¹) na postaji S1RM								
				V.	VI/1	VI/2	VII/1	VII/2	VIII/1	VIII/2	IX.	X.
Rotifera	<i>Brachionus quadridentatus</i> Hermann, 1783	L	Mi		29 ± 31	4 ± 8	55 ± 7	10 ± 9				
	<i>Cephalodella elegans</i> Myers, 1924	L	P							2 ± 4		
	<i>Collotheca campanulata</i> (Dobie, 1849)	P	P						5 ± 4			
	<i>Colurella obtusa</i> (Gosse, 1886)	L	Mi						35 ± 31	23 ± 35		
	<i>Colurella uncinata</i> (Müller, 1773)	L	Mi		9 ± 15		8 ± 7	91 ± 48	29 ± 50	8 ± 14	7 ± 5	
	<i>Dicranophorus caudatus</i> (Ehrenberg, 1834)	L	P						3 ± 5	35 ± 19		
	<i>Dicranophorus forcipatus</i> (Müller, 1786)	L	P					2 ± 4				
	<i>Euchlanis deflexa</i> Gosse, 1851	L	Mi						3 ± 5			
	<i>Euchlanis phryne</i> Myers, 1930	L	Mi							7 ± 12		
	<i>Euchlanis triquetra</i> Ehrenberg, 1838	L	Mi					1 ± 2				
	<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)	P	Mi			6 ± 5	26 ± 9	4 ± 2	54 ± 11	246 ± 60	78 ± 9	
	<i>Gastropus stylifer</i> Imhof, 1891	P	Mi					4 ± 4	3 ± 5	2 ± 4	1 ± 2	
	<i>Hexarthra fennica</i> (Levander, 1892)	P	Mi							53 ± 92		
	<i>Hexarthra mira</i> (Hudson, 1871)	P	Mi							82 ± 77		
	<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)	P	Mi			533 ± 195	152 ± 43	522 ± 136	458 ± 210	161 ± 31	516 ± 115	
	<i>Keratella quadrata</i> (Müller, 1786)	P	Mi		0 ± 1	37 ± 22	14 ± 16	19 ± 2	29 ± 6		1 ± 2	

Prilog D. – nastavak. Popis vrsta i brojnost zooplanktona na postaji S1RM.

Kratice: L – litoralna vrsta; P – planktonska vrsta; Mi – mikrofiltratori; Ma – makrofiltratori.

Skupina	Vrsta	Preferirano stanište	Prehranbena skupina	Brojnost vrsta (jed. L ⁻¹) na postaji S1RM							
				V.	VI/1	VI/2	VII/1	VII/2	VIII/1	VIII/2	IX.
Rotifera	<i>Keratella tecta</i> (Gosse, 1851)	P	Mi					91 ± 21			
	<i>Lecane bulla</i> (Gosse, 1851)	L	Mi		3 ± 8				5 ± 9		
	<i>Lecane cornuta</i> (Müller, 1786)	L	Mi						2 ± 4	12 ± 20	
	<i>Lecane luna</i> (Müller, 1776)	L	Mi		6 ± 8	7 ± 3	7 ± 6	3 ± 6	8 ± 7	2 ± 4	6 ± 2
	<i>Lecane lunaris</i> (Ehrenberg, 1832)	L	Mi		10 ± 11	2 ± 2	6 ± 4	26 ± 5	59 ± 47	42 ± 12	6 ± 10
	<i>Lecane quadridentata</i> (Ehrenberg, 1830)	L	Mi				1 ± 2	4 ± 8			
	<i>Lepadella patella</i> (Müller, 1773)	L	Mi					44 ± 32	5 ± 5		
	<i>Monommata grandis</i> Tessin, 1890	L	Mi								7 ± 7
	<i>Monommata longiseta</i> (Müller, 1786)	L	Mi					1 ± 2		5 ± 8	
	<i>Mytilina videns</i> (Levander, 1894)	L	Mi							28 ± 31	
	<i>Notholca squamula</i> (Müller, 1786)	P	Mi			13 ± 13	40 ± 16	16 ± 5		3 ± 5	
	<i>Notommata</i> spp.	L	Ma							2 ± 4	
	<i>Plationus patulus</i> (Müller, 1786)	L	Mi		3 ± 8			7 ± 3		2 ± 4	3 ± 2
	<i>Polyarthra</i> spp.	P	Ma			6 ± 10	38 ± 31	1538 ± 360	972 ± 37	2147 ± 286	81 ± 27
	<i>Pompholyx complanata</i> Gosse, 1851	P	Mi					96 ± 5	16 ± 9	46 ± 12	
	<i>Pompholyx sulcata</i> Hudson, 1885	P	Mi					3 ± 6			4 ± 4
	<i>Scaridium longicauda</i> (Müller, 1786)	L	Ma					2 ± 2	9 ± 15		

Prilog D. – nastavak. Popis vrsta i brojnost zooplanktona na postaji S1RM.

Kratice: L – litoralna vrsta; P – planktonska vrsta; Mi – mikrofiltratori; Ma – makrofiltratori.

Skupina	Vrsta	Preferirano stanište	Prehranbena skupina	Brojnost vrsta (jed. L ⁻¹) na postaji S1RM								
				V.	VI./1	VI./2	VII./1	VII./2	VIII./1	VIII./2	IX.	X.
Rotifera	<i>Synchaeta pectinata</i> Ehrenberg, 1832	P	Ma		0 ± 0			3 ± 0	5 ± 4	5 ± 4		
	<i>Trichocerca capucina</i> (Wierzejski & Zacharias, 1893)	P	Ma						12 ± 15			
	<i>Trichocerca porcellus</i> (Gosse, 1851)	L	Ma						10 ± 11			
	<i>Trichocerca similis</i> (Wierzejski, 1893)	P	Ma		26 ± 26	278 ± 168	187 ± 47	466 ± 28	2693 ± 215	1367 ± 171	661 ± 82	
	<i>Trichotria pocillum</i> (Müller, 1776)	L	Ma							3 ± 5		
UKUPNO					140 ± 145	940 ± 379	600 ± 159	3081 ± 551	7890 ± 404	5645 ± 998	1409 ± 155	
SVEUKUPNO					193 ± 184	1314 ± 524	1139 ± 291	3759 ± 535	8594 ± 642	6263 ± 1169	1756 ± 230	

Prilog E. Popis vrsta i brojnost zooplanktona na postaji S1M.

Kratice: L – litoralna vrsta; P – planktonska vrsta; Mi – mikrofiltratori; Ma – makrofiltratori.

Skupina	Vrsta	Preferirano stanište	Prehrambena skupina	Brojnost vrsta (jed. L ⁻¹) na postaji S1M								
				V.	VI./1	VI./2	VII./1	VII./2	VIII./1	VIII./2	IX.	X.
Cladocera	<i>Alona costata</i> Sars, 1862	L	Mi	7 ± 2								
	<i>Alona guttata</i> Sars, 1862	L	Mi	6 ± 5								
	<i>Alonella excisa</i> (Fischer, 1854)	L	Mi	88 ± 35								
	<i>Bosmina longirostris</i> (O. F. Müller, 1776)	P	Mi	14 ± 5	5 ± 10			1 ± 3			37 ± 37	6 ± 6
	<i>Ceriodaphnia quadrangula</i> (O. F. Müller, 1785)	L	Ma	4 ± 4				12 ± 4	15 ± 0	3 ± 5		
	<i>Ceriodaphnia reticulata</i> (Jurine, 1820)	L	Ma		3 ± 10	13 ± 12	60 ± 6	4 ± 10				76 ± 44
	<i>Chydorus sphaericus</i> (O. F. Müller, 1776)	L	Mi	23 ± 17								
	<i>Moina brachiata</i> (Jurine, 1820)	P	Mi	7 ± 6				2 ± 4			5 ± 9	
	<i>Pleuroxus truncatus</i> (O. F. Müller, 1785)	L	Mi	12 ± 11	29 ± 24	28 ± 22	11 ± 18	4 ± 7				
	<i>Pleuroxus uncinatus</i> (Baird, 1850)	L	Mi					2 ± 3				
	<i>Simocephalus exspinosus</i> (De Geer, 1778)	L	Ma		6 ± 19			8 ± 13				
	<i>Simocephalus serrulatus</i> (Koch, 1841)	L	Ma			22 ± 14	11 ± 18					
	<i>Simocephalus vetulus</i> (O. F. Müller, 1776)	L	Ma		3 ± 10	39 ± 21	21 ± 18	5 ± 10	5 ± 9	45 ± 31		
UKUPNO				161 ± 48	46 ± 43	101 ± 60	103 ± 33	39 ± 22	20 ± 9	48 ± 32	43 ± 33	81 ± 44

Prilog E. – nastavak. Popis vrsta i brojnost zooplanktona na postaji S1M.

Kratice: L – litoralna vrsta; P – planktonska vrsta; Mi – mikrofiltratori; Ma – makrofiltratori; P – predatori.

Skupina	Vrsta	Preferirano stanište	Prehrambena skupina	Brojnost vrsta (jed. L ⁻¹) na postaji S1M								
				V.	VI./1	VI./2	VII./1	VII./2	VIII./1	VIII./2	IX.	X.
Copepoda	nauplij	P	Mi	47 ± 17	41 ± 52	63 ± 38	50 ± 16	162 ± 129	229 ± 252	156 ± 119	165 ± 46	8 ± 6
	kopepodit	P	Ma	21 ± 4				35 ± 7	269 ± 38	3 ± 5	91 ± 9	2 ± 3
	<i>Cyclops</i> spp.	P	P								5 ± 9	
	<i>Macrocyclops albidus</i> (Jurine, 1820)	L	P	12 ± 18	25 ± 21			17 ± 28	102 ± 118	387 ± 82	96 ± 32	
	<i>Macrocyclops fuscus</i> (Jurine, 1820)	L	P	18 ± 10		134 ± 52	277 ± 49	13 ± 27	10 ± 18		16 ± 16	53 ± 61
	UKUPNO			98 ± 23	66 ± 63	198 ± 89	327 ± 37	227 ± 134	609 ± 281	546 ± 145	373 ± 37	63 ± 61
Rotifera	<i>Anuraeopsis fissa</i> Gosse, 1851	P	Mi						704 ± 253	60 ± 9		
	<i>Ascomorpha saltans</i> Bartsch, 1870	P	Ma	7 ± 6				23 ± 8	30 ± 15	29 ± 5	5 ± 9	15 ± 6
	<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse, 1850	P	P	7 ± 2		1 ± 2		3 ± 4		3 ± 5	5 ± 9	6 ± 10
	Bdelloidea	L	Mi	7 ± 9	39 ± 55	32 ± 23	46 ± 22	27 ± 22	208 ± 18	91 ± 46	11 ± 18	4 ± 6
	<i>Brachionus angularis bidens</i> Plate, 1851	P	Mi							23 ± 5	27 ± 24	2 ± 3
	<i>Brachionus falcatus</i> Zacharias, 1898	P	Mi					2 ± 4		6 ± 5		
	<i>Brachionus quadridentatus</i> Hermann, 1783	L	Mi	1 ± 2	15 ± 19	19 ± 7	14 ± 12	27 ± 17		36 ± 41		
	<i>Collotheca campanulata</i> (Dobie, 1849)	P	P	1 ± 2								
	<i>Colurella uncinata</i> (Müller, 1773)	L	Mi	17 ± 19	23 ± 34	8 ± 4	146 ± 71	84 ± 61	811 ± 70	56 ± 59	165 ± 33	9 ± 8
	<i>Dicranophorus caudatus</i> (Ehrenberg, 1834)	L	P						25 ± 44	32 ± 13		7 ± 3
	<i>Dicranophorus grandis</i> (Ehrenberg, 1832)	L	P							3 ± 5		2 ± 3

Prilog E. – nastavak. Popis vrsta i brojnost zooplanktona na postaji S1M.

Kratice: L – litoralna vrsta; P – planktonska vrsta; Mi – mikrofiltratori.

Skupina	Vrsta	Preferirano stanište	Prehrambena skupina	Brojnost vrsta (jed. L ⁻¹) na postaji S1M								
				V.	VI./1	VI./2	VII./1	VII./2	VIII./1	VIII./2	IX.	X.
Rotifera	<i>Euchlanis meneta</i> Myers, 1930	L	Mi							20 ± 13		
	<i>Euchlanis oropha</i> Gosse, 1887	L	Mi							11 ± 20		
	<i>Euchlanis triquetra</i> Ehrenberg, 1838	L	Mi	1 ± 2					25 ± 23			
	<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)	P	Mi	4 ± 7				5 ± 8	10 ± 9	15 ± 11		
	<i>Gastropus stylifer</i> Imhof, 1891	P	Mi	6 ± 2				2 ± 4	56 ± 38	20 ± 13	16 ± 16	
	<i>Hexarthra fennica</i> (Levander, 1892)	P	Mi							9 ± 0		
	<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)	P	Mi	5248 ± 1553		25 ± 12	46 ± 6	53 ± 29	30 ± 15	9 ± 16	960 ± 307	10 ± 9
	<i>Keratella quadrata</i> (Müller, 1786)	P	Mi	178 ± 40	1 ± 2	3 ± 4		7 ± 0	7 ± 12		5 ± 9	2 ± 3
	<i>Keratella tecta</i> (Gosse, 1851)	P	Mi	59 ± 60				7 ± 11				
	<i>Lecane acus</i> (Harring, 1913)	L	Mi						61 ± 105	29 ± 22		
	<i>Lecane bulla</i> (Gosse, 1851)	L	Mi						35 ± 32	99 ± 41		
	<i>Lecane cornuta</i> (Müller, 1786)	L	Mi					7 ± 7	15 ± 15			
	<i>Lecane flexilis</i> (Gosse, 1886)	L	Mi					9 ± 4				2 ± 3
	<i>Lecane luna</i> (Müller, 1776)	L	Mi	4 ± 4	9 ± 12	10 ± 6	46 ± 16	8 ± 14	56 ± 72	9 ± 15		6 ± 6
	<i>Lecane lunaris</i> (Ehrenberg, 1832)	L	Mi	17 ± 4	38 ± 47	15 ± 8	39 ± 12	16 ± 14	1702 ± 66	108 ± 44	48 ± 16	9 ± 11
	<i>Lecane quadridentata</i> (Ehrenberg, 1830)	L	Mi			10 ± 18	43 ± 28	8 ± 8	10 ± 18			
	<i>Lepadella patella</i> (Müller, 1773)	L	Mi					26 ± 4	253 ± 88	20 ± 13		7 ± 13
	<i>Macrochaetus collinsi</i> (Gosse, 1867)	P	Mi							3 ± 5		

Prilog E. – nastavak. Popis vrsta i brojnost zooplanktona na postaji S1M.

Kratice: L – litoralna vrsta; P – planktonska vrsta; Mi – mikrofiltratori; Ma – makrofiltratori.

Skupina	Vrsta	Preferirano stanište	Prehrambena skupina	Brojnost vrsta (jed. L ⁻¹) na postaji S1M								
				V.	VI./1	VI./2	VII./1	VII./2	VIII./1	VIII./2	IX.	X.
Rotifera	<i>Monommata longiseta</i> (Müller, 1786)	L	Mi							23 ± 5		
	<i>Mytilina videns</i> (Levander, 1894)	L	Mi	8 ± 11					5 ± 9			
	<i>Notholca squamula</i> (Müller, 1786)	P	Mi					8 ± 5				
	<i>Plationus patulus</i> (Müller, 1786)	L	Mi					7 ± 7	10 ± 9	3 ± 5		
	<i>Polyarthra</i> spp.	P	Ma					171 ± 122	167 ± 40	184 ± 42	5 ± 9	42 ± 17
	<i>Pompholyx complanata</i> Gosse, 1851	P	Mi	10 ± 17				91 ± 21	20 ± 35			2 ± 3
	<i>Pompholyx sulcata</i> Hudson, 1885	P	Mi	6 ± 6					96 ± 69	3 ± 5	5 ± 9	
	<i>Ptygura</i> spp.	L	Ma	1 ± 2								
	<i>Scaridium longicauda</i> (Müller, 1786)	L	Ma					9 ± 4	41 ± 18	9 ± 9		
	<i>Squatinella mutica tridentata</i> Fresenius, 1885	L	Mi						5 ± 9			2 ± 3
	<i>Squatinella rostrum</i> (Schmarda, 1846)	L	Mi						5 ± 9	9 ± 9		
	<i>Synchaeta pectinata</i> Ehrenberg, 1832	P	Ma						5 ± 9			
	<i>Trichocerca capucina</i> (Wierzejski & Zacharias, 1893)	P	Ma	3 ± 5							5 ± 9	
	<i>Trichocerca porcellus</i> (Gosse, 1851)	L	Ma	8 ± 14					147 ± 89	6 ± 10		
	<i>Trichocerca similis</i> (Wierzejski, 1893)	P	Ma	260 ± 92	18 ± 18	8 ± 4	32 ± 37	91 ± 46	286 ± 300	65 ± 36	859 ± 152	12 ± 10
	<i>Trichocerca tigris</i> (Müller, 1786)	L	Ma									2 ± 3
UKUPNO				5853 ± 1722	143 ± 153	130 ± 57	412 ± 155	689 ± 154	4827 ± 458	990 ± 129	2117 ± 313	139 ± 33
SVEUKUPNO				6112 ± 1745	255 ± 211	429 ± 205	843 ± 131	955 ± 206	5457 ± 537	1584 ± 197	2533 ± 349	283 ± 82

Prilog F. Popis vrsta i brojnost zooplanktona na postaji S2P.

Kratice: L – litoralna vrsta; P – planktonska vrsta; Mi – mikrofiltratori; Ma – makrofiltratori; P – predatori.

Skupina	Vrsta	Preferirano stanište	Prehrambena skupina	Brojnost vrsta (jed. L ⁻¹) na postaji S2P								
				V.	VI./1	VI./2	VII./1	VII./2	VIII./1	VIII./2	IX.	X.
Cladocera	<i>Bosmina longirostris</i> (O. F. Müller, 1776)	P	Mi	270 ± 58	13 ± 6	20 ± 11	190 ± 54	220 ± 36	629 ± 72	540 ± 99	77 ± 23	
	UKUPNO			270 ± 58	13 ± 6	20 ± 11	190 ± 54	220 ± 36	629 ± 72	540 ± 99	77 ± 23	0 ± 0
Copepoda	nauplij	P	Mi	81 ± 31	833 ± 160	64 ± 20	70 ± 9	253 ± 32	885 ± 140	886 ± 223	129 ± 49	147 ± 58
	kopepodit	P	Ma	7 ± 8	16 ± 12					76 ± 26	17 ± 11	26 ± 22
	<i>Macrocyclus albidus</i> (Jurine, 1820)	L	P	244 ± 235	5 ± 6	206 ± 17	122 ± 25	100 ± 19	46 ± 6	61 ± 14	21 ± 9	7 ± 4
	UKUPNO			332 ± 255	855 ± 168	270 ± 14	193 ± 23	353 ± 48	930 ± 143	1024 ± 228	168 ± 56	180 ± 84
Rotifera	<i>Anuraeopsis fissa</i> Gosse, 1851	P	Mi	4 ± 6								
	<i>Ascomorpha saltans</i> Bartsch, 1870	P	Ma									28 ± 17
	<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse, 1850	P	P	4 ± 3	113 ± 44	1 ± 2					104 ± 60	215 ± 57
	<i>Brachionus angularis</i> Gosse, 1851	P	Mi				1 ± 1			28 ± 8	51 ± 24	
	<i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas, 1766	P	Mi	2 ± 3	4 ± 4	11 ± 6	1 ± 1			20 ± 11	4 ± 4	
	<i>Brachionus falcatus</i> Zacharias, 1898	P	Mi			50 ± 7	124 ± 34	7 ± 6	1 ± 2	17 ± 16	1 ± 2	
	<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)	P	Mi	37 ± 5								
	<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)	P	Mi	572 ± 140	8 ± 7	28 ± 13	7 ± 2	3 ± 6			1 ± 2	27 ± 2
	<i>Keratella quadrata</i> (Müller, 1786)	P	Mi	327 ± 96	5 ± 2	3 ± 2		2 ± 3		7 ± 7	7 ± 2	81 ± 42
	<i>Keratella tecta</i> (Gosse, 1851)	P	Mi				2 ± 1					1 ± 2
	<i>Lecane bulla</i> (Gosse, 1851)	L	Mi			3 ± 2						

Prilog F. – nastavak. Popis vrsta i brojnost zooplanktona na postaji S2P.

Kratice: L – litoralna vrsta; P – planktonska vrsta; Mi – mikrofiltratori; Ma – makrofiltratori.

Skupina	Vrsta	Preferirano stanište	Prehrambena skupina	Brojnost vrsta (jed. L ⁻¹) na postaji S2P								
				V.	VI/1	VI/2	VII/1	VII/2	VIII/1	VIII/2	IX.	X.
Rotifera	<i>Lepadella patella</i> (Müller, 1773)	L	Mi			1 ± 2				3 ± 2		
	<i>Polyarthra</i> spp.	P	Ma	9 ± 8		1 ± 2					13 ± 2	
	<i>Pompholyx complanata</i> Gosse, 1851	P	Mi	9 ± 11				3 ± 3		20 ± 13	65 ± 11	
	<i>Testudinella mucronata</i> (Gosse, 1886)	L	Mi				1 ± 1					
	<i>Trichocerca similis</i> (Wierzejski, 1893)	P	Ma	25 ± 16			2 ± 1				1 ± 2	
UKUPNO				987 ± 262	131 ± 44	99 ± 9	137 ± 41	15 ± 9	1 ± 2	91 ± 23	238 ± 56	367 ± 111
SVEUKUPNO				1589 ± 567	999 ± 217	389 ± 13	519 ± 110	588 ± 66	1561 ± 212	1655 ± 338	482 ± 113	546 ± 194

Prilog G. Popis vrsta i brojnost zooplanktona na postaji S2L.

Kratice: L – litoralna vrsta; P – planktonska vrsta; Mi – mikrofiltratori; Ma – makrofiltratori; P – predatori.

Skupina	Vrsta	Preferirano stanište	Prehrambena skupina	Brojnost vrsta (jed. L ⁻¹) na postaji S2L								
				V.	VI./1	VI./2	VII./1	VII./2	VIII./1	VIII./2	IX.	X.
Cladocera	<i>Bosmina longirostris</i> (O. F. Müller, 1776)	P	Mi	166 ± 80	107 ± 31	24 ± 18	26 ± 13	279 ± 64	1830 ± 478	202 ± 28	132 ± 39	46 ± 35
	<i>Daphnia pulex</i> Leydig, 1860	P	Ma									2 ± 3
	UKUPNO			166 ± 80	107 ± 31	24 ± 18	26 ± 13	279 ± 64	1830 ± 478	202 ± 28	132 ± 39	48 ± 34
Copepoda	nauplij	P	Mi	109 ± 60	250 ± 83	65 ± 20	3 ± 4	47 ± 21	85 ± 29	382 ± 48	12 ± 13	59 ± 32
	kopepodit	P	Ma	23 ± 27	5 ± 5			18 ± 13	5 ± 5	25 ± 10	3 ± 5	36 ± 28
	<i>Macrocyclus albidus</i> (Jurine, 1820)	L	P	114 ± 18	7 ± 8	119 ± 49	45 ± 5	212 ± 146	66 ± 30	42 ± 3	32 ± 9	25 ± 12
	UKUPNO			246 ± 87	262 ± 87	184 ± 68	48 ± 9	277 ± 178	156 ± 59	448 ± 60	47 ± 27	120 ± 66
Rotifera	<i>Anuraeopsis fissa</i> Gosse, 1851	P	Mi								1 ± 3	
	<i>Ascomorpha saltans</i> Bartsch, 1870	P	Ma									183 ± 60
	<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse, 1850	P	P	31 ± 9	14 ± 11	3 ± 3					6 ± 7	134 ± 71
	<i>Brachionus angularis</i> Gosse, 1851	P	Mi			2 ± 2					9 ± 9	
	<i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas, 1766	P	Mi	2 ± 3	3 ± 3	3 ± 3				5 ± 5		
	<i>Brachionus falcatus</i> Zacharias, 1898	P	Mi			7 ± 7	2 ± 2	5 ± 4		3 ± 6		
	<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg, 1832	L	Mi									8 ± 13
	<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)	P	Mi	5 ± 5								
	<i>Gastropus stylifer</i> Imhof, 1891	P	Mi	2 ± 3								6 ± 10
	<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)	P	Mi	3997 ± 762	7 ± 8	9 ± 4	1 ± 1	1 ± 2				15 ± 7

Prilog G. – nastavak. Popis vrsta i brojnost zooplanktona na postaji S2L.

Kratice: L – litoralna vrsta; P – planktonska vrsta; Mi – mikrofiltratori; Ma – makrofiltratori.

Skupina	Vrsta	Preferirano stanište	Prehranbena skupina	Brojnost vrsta (jed. L ⁻¹) na postaji S2L								
				V.	VI./1	VI./2	VII./1	VII./2	VIII./1	VIII./2	IX.	X.
Rotifera	<i>Keratella quadrata</i> (Müller, 1786)	P	Mi	480 ± 141	3 ± 6	1 ± 2				2 ± 3		6 ± 10
	<i>Keratella tecta</i> (Gosse, 1851)	P	Mi					1 ± 2				
	<i>Lecane bulla</i> (Gosse, 1851)	L	Mi		5 ± 5	3 ± 5						
	<i>Lepadella patella</i> (Müller, 1773)	L	Mi			2 ± 3	1 ± 1	1 ± 2	2 ± 3	2 ± 3	1 ± 3	4 ± 3
	<i>Polyarthra</i> spp.	P	Ma	31 ± 14								36 ± 23
	<i>Pompholyx complanata</i> Gosse, 1851	P	Mi			2 ± 2		1 ± 2			6 ± 3	8 ± 7
	<i>Synchaeta pectinata</i> Ehrenberg, 1832	P	Ma									8 ± 13
	<i>Testudinella parva</i> (Ternetz, 1892)	L	Mi					2 ± 4				
	<i>Trichocerca similis</i> (Wierzejski, 1893)	P	Ma	76 ± 66	2 ± 3							8 ± 13
UKUPNO				4625 ± 974	35 ± 12	31 ± 8	4 ± 1	12 ± 5	2 ± 3	12 ± 6	23 ± 13	430 ± 153
SVEUKUPNO				5037 ± 1086	404 ± 96	239 ± 89	78 ± 23	569 ± 241	1988 ± 528	662 ± 81	202 ± 60	598 ± 248

Prilog H. Popis vrsta i brojnost zooplanktona na postaji K.

Kratice: L – litoralna vrsta; P – planktonska vrsta; Mi – mikrofiltratori; Ma – makrofiltratori; P – predatori.

Skupina	Vrsta	Preferirano stanište	Prehrambena skupina	Brojnost vrsta (jed. L ⁻¹) na postaji K								
				V.	VI/1	VI/2	VII/1	VII/2	VIII/1	VIII/2	IX.	X.
Cladocera	<i>Bosmina longirostris</i> (O. F. Müller, 1776)	P	Mi					290 ± 85	383 ± 104	188 ± 40	540 ± 254	27 ± 0
	UKUPNO							290 ± 85	383 ± 104	188 ± 40	540 ± 254	27 ± 0
Copepoda	nauplij	P	Mi					144 ± 40	180 ± 35	156 ± 24	11 ± 4	109 ± 20
	kopepodit	P	Ma					6 ± 10	5 ± 5		23 ± 18	104 ± 55
	<i>Macrocyclus albidus</i> (Jurine, 1820)	L	P					62 ± 32	36 ± 22	9 ± 5	210 ± 49	89 ± 35
	UKUPNO							211 ± 44	221 ± 62	166 ± 26	244 ± 48	302 ± 94
Rotifera	<i>Anuraeopsis fissa</i> Gosse, 1851	P	Mi									1 ± 2
	<i>Ascomorpha saltans</i> Bartsch, 1870	P	Ma									23 ± 10
	<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse, 1850	P	P								4 ± 4	583 ± 101
	<i>Brachionus angularis</i> Gosse, 1851	P	Mi						2 ± 3	134 ± 43	1 ± 2	
	<i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas, 1766	P	Mi							4 ± 4		
	<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)	P	Mi									13 ± 10
	<i>Keratella quadrata</i> (Müller, 1786)	P	Mi						2 ± 3	14 ± 10	71 ± 34	
	<i>Keratella tecta</i> (Gosse, 1851)	P	Mi				12 ± 10		3 ± 5			
	<i>Polyarthra</i> spp.	P	Ma									13 ± 3
	<i>Pompholyx complanata</i> Gosse, 1851	P	Mi						6 ± 7	5 ± 2	1 ± 2	
	<i>Trichocerca similis</i> (Wierzejski, 1893)	P	Ma				9 ± 9					4 ± 2
	<i>Trichotria pocillum</i> (Müller, 1776)	L	Ma						2 ± 3			
	UKUPNO							21 ± 18	0 ± 0	14 ± 13	161 ± 54	712 ± 125
SVEUKUPNO								522 ± 140	605 ± 155	368 ± 62	944 ± 346	1041 ± 217

Prilog I. Popis vrsta i brojnost zooplanktona na postaji MM.

Kratice: L – litoralna vrsta; P – planktonska vrsta; Mi – mikrofiltratori; Ma – makrofiltratori; P – predatori.

Skupina	Vrsta	Preferirano stanište	Prehrambena skupina	Brojnost vrsta (jed. L ⁻¹) na postaji MM								
				V.	VI./1	VI./2	VII./1	VII./2	VIII./1	VIII./2	IX.	X.
Cladocera	<i>Alona costata</i> Sars, 1862	L	Mi					17 ± 26	1 ± 5		1 ± 4	
	<i>Bosmina longirostris</i> (O. F. Müller, 1776)	P	Mi					171 ± 139	53 ± 64	17 ± 30	18 ± 28	20 ± 33
	<i>Ceriodaphnia quadrangula</i> (O. F. Müller, 1785)	L	Ma						5 ± 11	6 ± 16	3 ± 7	8 ± 24
	<i>Ceriodaphnia reticulata</i> (Jurine, 1820)	L	Ma								4 ± 13	9 ± 25
	<i>Chydorus sphaericus</i> (O. F. Müller, 1776)	L	Mi						6 ± 20			
	<i>Daphnia longispina</i> (O. F. Müller, 1776)	P	Ma					2 ± 5				1 ± 2
	<i>Daphnia pulex</i> Leydig, 1860	P	Ma						1 ± 5			
	<i>Moina brachiata</i> (Jurine, 1820)	P	Mi							4 ± 13	3 ± 9	106 ± 174
	<i>Pleuroxus truncatus</i> (O. F. Müller, 1785)	L	Mi					55 ± 51	18 ± 24		1 ± 2	
	<i>Pleuroxus uncinatus</i> (Baird, 1850)	L	Mi					29 ± 50				
	<i>Scapholeberis mucronata</i> (O. F. Müller, 1776)	L	Ma					18 ± 22	9 ± 12	6 ± 14		
	<i>Simocephalus vetulus</i> (O. F. Müller, 1776)	L	Ma					2 ± 5	6 ± 13	7 ± 16	8 ± 28	255 ± 423
UKUPNO								292 ± 218	99 ± 75	40 ± 43	37 ± 43	398 ± 460
Copepoda	nauplij	P	Mi					200 ± 97	102 ± 78	329 ± 331	54 ± 54	18 ± 22
	koepodit	P	Ma						24 ± 27	83 ± 93	14 ± 20	13 ± 22
	<i>Macrocylops albidus</i> (Jurine, 1820)	L	P					33 ± 29		8 ± 19	1 ± 4	65 ± 98
	<i>Macrocylops fuscus</i> (Jurine, 1820)	L	P					2 ± 5	19 ± 34	53 ± 55	20 ± 50	
	UKUPNO								234 ± 116	145 ± 89	474 ± 348	88 ± 76

Prilog I. – nastavak. Popis vrsta i brojnost zooplanktona na postaji MM.

Kratice: L – litoralna vrsta; P – planktonska vrsta; Mi – mikrofiltratori; Ma – makrofiltratori; P – predatori.

Skupina	Vrsta	Preferirano stanište	Prehranbena skupina	Brojnost vrsta (jed. L ⁻¹) na postaji MM								
				V.	VI./1	VI./2	VII./1	VII./2	VIII./1	VIII./2	IX.	X.
Rotifera	<i>Anuraeopsis fissa</i> Gosse, 1851	P	Mi								13 ± 24	8 ± 14
	<i>Ascomorpha ovalis</i> (Bergendal, 1892)	P	Ma							6 ± 23		
	<i>Ascomorpha saltans</i> Bartsch, 1870	P	Ma						15 ± 28	40 ± 54	21 ± 17	40 ± 47
	<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse, 1850	P	P						48 ± 50	16 ± 25	7 ± 10	22 ± 24
	<i>Asplanchnopus multiceps</i> (Schränk, 1793)	P	P						1 ± 5			
	Bdelloidea	L	Mi					57 ± 50	41 ± 57	287 ± 218	179 ± 138	83 ± 68
	<i>Brachionus angularis</i> Gosse, 1851	P	Mi						8 ± 20		5 ± 10	2 ± 8
	<i>Brachionus angularis bidens</i> Plate, 1851	P	Mi								6 ± 19	
	<i>Brachionus falcatus</i> Zacharias, 1898	P	Mi					3 ± 7				
	<i>Brachionus quadridentatus</i> Hermann, 1783	L	Mi							18 ± 36		
	<i>Cephalodella gibba</i> (Ehrenberg, 1830)	L	P								13 ± 27	8 ± 19
	<i>Collotheca campanulata</i> (Dobie, 1849)	P	P							2 ± 9		
	<i>Colurella obtusa</i> (Gosse, 1886)	L	Mi					9 ± 10	38 ± 69	3 ± 12	3 ± 16	
	<i>Cupelopagis vorax</i> (Leidy, 1857)	L	P								3 ± 14	
	<i>Dicranophorus caudatus</i> (Ehrenberg, 1834)	L	P						2 ± 6	8 ± 24	0 ± 2	8 ± 18
	<i>Dicranophorus forcipatus</i> (Müller, 1786)	L	P								1 ± 4	

Prilog I. – nastavak. Popis vrsta i brojnost zooplanktona na postaji MM.

Kratice: L – litoralna vrsta; P – planktonska vrsta; Mi – mikrofiltratori; Ma – makrofiltratori; P – predatori.

Skupina	Vrsta	Preferirano stanište	Prehrambena skupina	Brojnost vrsta (jed. L ⁻¹) na postaji MM								
				V.	VI./1	VI./2	VII./1	VII./2	VIII./1	VIII./2	IX.	X.
Rotifera	<i>Dicranophorus grandis</i> (Ehrenberg, 1832)	L	P							2 ± 9		12 ± 29
	<i>Elosa worrallii</i> Lord, 1891	L	Ma							2 ± 9		
	<i>Encentrum aquiilla</i> (Milne,1886)	L	Mi							8 ± 18		
	<i>Encentrum mustela</i> (Milne, 1885)	L	Mi							5 ± 18		
	<i>Epiphanes senta</i> (Müller, 1773)	P	Ma								5 ± 17	
	<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg, 1832	L	Mi						1 ± 5			
	<i>Euchlanis triquetra</i> Ehrenberg, 1838	L	Mi								0 ± 2	
	<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)	P	Mi						6 ± 12	2 ± 9	3 ± 7	5 ± 19
	<i>Gastropus stylifer</i> Imhof, 1891	P	Mi						16 ± 23	89 ± 103	27 ± 25	117 ± 104
	<i>Harringia eupoda</i> (Gosse, 1887)	P	P						6 ± 14			
	<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)	P	Mi					17 ± 17	1 ± 5	7 ± 25	1 ± 5	17 ± 30
	<i>Keratella quadrata</i> (Müller, 1786)	P	Mi							6 ± 14		15 ± 27
	<i>Keratella tecta</i> (Gosse, 1851)	P	Mi						1 ± 5		1 ± 5	
	<i>Lecane flexilis</i> (Gosse, 1886)	L	Mi									13 ± 22
	<i>Lecane luna</i> (Müller, 1776)	L	Mi					3 ± 7	11 ± 25	38 ± 64	3 ± 7	
	<i>Lecane lunaris</i> (Ehrenberg, 1832)	L	Mi					19 ± 26	108 ± 52	69 ± 70	6 ± 13	14 ± 22
	<i>Lepadella patella</i> (Müller, 1773)	L	Mi								1 ± 4	

Prilog I. – nastavak. Popis vrsta i brojnost zooplanktona na postaji MM.

Kratice: L – litoralna vrsta; P – planktonska vrsta; Mi – mikrofiltratori; Ma – makrofiltratori; P – predatori.

Skupina	Vrsta	Preferirano stanište	Prehranbena skupina	Brojnost vrsta (jed. L ⁻¹) na postaji MM									
				V.	VI./1	VI./2	VII./1	VII./2	VIII./1	VIII./2	IX.	X.	
Rotifera	<i>Mytilina videns</i> (Levander, 1894)	L	Mi										2 ± 9
	<i>Notommata</i> spp.	L	Ma										32 ± 51
	<i>Plationus patulus</i> (Müller, 1786)	L	Mi						4 ± 13				
	<i>Pleurotrocha petromyzon</i> Ehrenberg, 1830	L	P								1 ± 4		
	<i>Polyarthra</i> spp.	P	Ma					3 ± 7	2 ± 6	9 ± 23	1 ± 7	3 ± 8	
	<i>Pompholyx complanata</i> Gosse, 1851	P	Mi							51 ± 69	6 ± 15	20 ± 40	
	<i>Pompholyx sulcata</i> Hudson, 1885	P	Mi					6 ± 12	39 ± 48	62 ± 102	37 ± 60	13 ± 31	
	<i>Scaridium longicauda</i> (Müller, 1786)	L	Ma								12 ± 22		
	<i>Squatinella mutica tridentata</i> Fresenius, 1885	L	Mi							2 ± 9			
	<i>Squatinella rostrum</i> (Schmarda, 1846)	L	Mi										2 ± 8
	<i>Synchaeta pectinata</i> Ehrenberg, 1832	P	Ma								8 ± 13	10 ± 26	
	<i>Testudinella parva</i> (Ternetz, 1892)	L	Mi								11 ± 19		
	<i>Testudinella patina</i> (Hermann, 1783)	L	Mi							22 ± 44	26 ± 48	16 ± 38	
	<i>Trichocerca capucina</i> (Wierzejski & Zacharias, 1893)	P	Ma						2 ± 7				2 ± 8

Prilog I. – nastavak. Popis vrsta i brojnost zooplanktona na postaji MM.

Kratice: L – litoralna vrsta; P – planktonska vrsta; Ma – makrofiltratori.

Skupina	Vrsta	Preferirano stanište	Prehrambena skupina	Brojnost vrsta (jed. L ⁻¹) na postaji MM								
				V.	VI./1	VI./2	VII./1	VII./2	VIII./1	VIII./2	IX.	X.
Rotifera	<i>Trichocerca porcellus</i> (Gosse, 1851)	L	Ma						6 ± 14			
	<i>Trichocerca similis</i> (Wierzejski, 1893)	P	Ma					19 ± 30	11 ± 23		8 ± 20	
	<i>Trichotria pocillum</i> (Müller, 1776)	L	Ma								0 ± 2	
UKUPNO								136 ± 84	364 ± 138	760 ± 305	402 ± 169	473 ± 176
SVEUKUPNO								663 ± 357	608 ± 302	1273 ± 465	527 ± 190	967 ± 503

Prilog J. Popis vrsta i brojnost zooplanktona na postaji MR.

Kratice: L – litoralna vrsta; P – planktonska vrsta; Mi – mikrofiltratori; Ma – makrofiltratori.

Skupina	Vrsta	Preferirano stanište	Prehranbena skupina	Brojnost vrsta (jed. L ⁻¹) na postaji MR								
				V.	VI./1	VI./2	VII./1	VII./2	VIII./1	VIII./2	IX.	X.
Cladocera	<i>Alona affinis</i> (Leydig, 1860)	L	Mi									2 ± 6
	<i>Alona costata</i> Sars, 1862	L	Mi					11 ± 21			6 ± 17	1 ± 4
	<i>Alona guttata</i> Sars, 1862	L	Mi									3 ± 10
	<i>Bosmina longirostris</i> (O. F. Müller, 1776)	P	Mi					951 ± 946	851 ± 657	136 ± 123	301 ± 151	266 ± 241
	<i>Ceriodaphnia quadrangula</i> (O. F. Müller, 1785)	L	Ma						1 ± 5		22 ± 38	19 ± 19
	<i>Ceriodaphnia reticulata</i> (Jurine, 1820)	L	Ma								1 ± 2	11 ± 23
	<i>Daphnia longispina</i> (O. F. Müller, 1776)	P	Ma					2 ± 6	2 ± 6			
	<i>Daphnia pulex</i> Leydig, 1860	P	Ma							2 ± 6		
	<i>Pleuroxus striatus</i> Schödler, 1862	L	Mi								3 ± 7	
	<i>Pleuroxus truncatus</i> (O. F. Müller, 1785)	L	Mi					14 ± 15				1 ± 3
	<i>Pleuroxus uncinatus</i> (Baird, 1850)	L	Mi					3 ± 7	3 ± 10			
	<i>Scapholeberis mucronata</i> (O. F. Müller, 1776)	L	Ma					32 ± 28	14 ± 28	3 ± 7	2 ± 5	
	<i>Simocephalus vetulus</i> (O. F. Müller, 1776)	L	Ma								12 ± 28	
UKUPNO								1012 ± 958	871 ± 647	140 ± 122	346 ± 159	302 ± 251

Prilog J. – nastavak. Popis vrsta i brojnost zooplanktona na postaji MR.

Kratice: L – litoralna vrsta; P – planktonska vrsta; Mi – mikrofiltratori; Ma – makrofiltratori; P – predatori.

Skupina	Vrsta	Preferirano stanište	Prehrambena skupina	Brojnost vrsta (jed. L ⁻¹) na postaji MM								
				V.	VI./1	VI./2	VII./1	VII./2	VIII./1	VIII./2	IX.	X.
Copepoda	nauplij	P	Mi					135 ± 81	388 ± 136	397 ± 175	67 ± 70	79 ± 43
	kopepodit	P	Ma						41 ± 26	13 ± 20	5 ± 11	9 ± 18
	<i>Cyclops</i> spp.	P	P									6 ± 15
	<i>Macrocyclus albidus</i> (Jurine, 1820)	L	P				147 ± 95	3 ± 7	1 ± 4	8 ± 15	29 ± 26	
	<i>Macrocyclus fuscus</i> (Jurine, 1820)	L	P					8 ± 13	2 ± 5	32 ± 41	26 ± 36	
	UKUPNO							282 ± 117	440 ± 121	413 ± 187	112 ± 83	149 ± 75
Rotifera	<i>Ascomorpha ovalis</i> (Bergendal, 1892)	P	Ma						2 ± 5			
	<i>Ascomorpha saltans</i> Bartsch, 1870	P	Ma						1 ± 5	3 ± 8	5 ± 12	1 ± 3
	<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse, 1850	P	P						3 ± 10		16 ± 12	306 ± 146
	<i>Asplanchnopus multiceps</i> (Schränk, 1793)	P	P									3 ± 7
	Bdelloidea	L	Mi				7 ± 11	34 ± 39	12 ± 22	6 ± 8	7 ± 10	
	<i>Brachionus angularis</i> Gosse, 1851	P	Mi				2 ± 5		5 ± 17	96 ± 76	4 ± 11	
	<i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas, 1766	P	Mi							1 ± 2		
	<i>Brachionus falcatus</i> Zacharias, 1898	P	Mi				3 ± 7		13 ± 18			
	<i>Cephalodella auriculata</i> (Müller, 1773)	L	P						2 ± 6			
	<i>Cephalodella gibba</i> (Ehrenberg, 1830)	L	P					1 ± 5		2 ± 5	2 ± 6	
	<i>Colurella obtusa</i> (Gosse, 1886)	L	Mi				10 ± 15		4 ± 7			

Prilog J. – nastavak. Popis vrsta i brojnost zooplanktona na postaji MR.

Kratice: L – litoralna vrsta; P – planktonska vrsta; Mi – mikrofiltratori; Ma – makrofiltratori; P – predatori.

Skupina	Vrsta	Preferirano stanište	Prehrambena skupina	Brojnost vrsta (jed. L ⁻¹) na postaji MR								
				V.	VI./1	VI./2	VII./1	VII./2	VIII./1	VIII./2	IX.	X.
Rotifera	<i>Dicranophorus caudatus</i> (Ehrenberg, 1834)	L	P								2 ± 5	2 ± 5
	<i>Encentrum felis</i> (Müller, 1773)	L	Mi						1 ± 5			
	<i>Euchlanis calpidia</i> (Myers, 1930)	L	Mi							1 ± 4		
	<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg, 1832	L	Mi								1 ± 2	
	<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)	P	Mi						3 ± 7	2 ± 6		1 ± 3
	<i>Gastropus stylifer</i> Imhof, 1891	P	Mi						4 ± 11	2 ± 6	3 ± 7	5 ± 9
	<i>Itura aurita</i> (Ehrenberg, 1830)	L	Ma							1 ± 4		
	<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)	P	Mi					23 ± 18				24 ± 22
	<i>Keratella quadrata</i> (Müller, 1786)	P	Mi							5 ± 12	4 ± 7	53 ± 22
	<i>Lecane bulla</i> (Gosse, 1851)	L	Mi							2 ± 6		
	<i>Lecane cornuta</i> (Müller, 1786)	L	Mi								1 ± 2	
	<i>Lecane luna</i> (Müller, 1776)	L	Mi						3 ± 7	5 ± 9	1 ± 3	
	<i>Lecane lunaris</i> (Ehrenberg, 1832)	L	Mi					6 ± 12	3 ± 11	10 ± 13	16 ± 29	5 ± 14
	<i>Lecane quadridentata</i> (Ehrenberg, 1830)	L	Mi					2 ± 5				
	<i>Lophocaris oxysternon</i> (Gosse, 1851)	L	Mi							1 ± 5		
	<i>Lophocaris salpina</i> (Ehrenberg, 1834)	L	Mi								2 ± 6	
	<i>Monommata longiseta</i> (Müller, 1786)	L	Mi								2 ± 5	

Prilog J. – nastavak. Popis vrsta i brojnost zooplanktona na postaji MR.

Kratice: L – litoralna vrsta; P – planktonska vrsta; Mi – mikrofiltratori; Ma – makrofiltratori; P – predatori.

Skupina	Vrsta	Preferirano stanište	Prehranbena skupina	Brojnost vrsta (jed. L ⁻¹) na postaji MR								
				V.	VI./1	VI./2	VII./1	VII./2	VIII./1	VIII./2	IX.	X.
Rotifera	<i>Polyarthra</i> spp.	P	Ma					2 ± 5		3 ± 8		60 ± 32
	<i>Pompholyx complanata</i> Gosse, 1851	P	Mi							2 ± 6	8 ± 14	3 ± 11
	<i>Pompholyx sulcata</i> Hudson, 1885	P	Mi						18 ± 35	24 ± 19	16 ± 23	6 ± 9
	<i>Ptygura</i> spp.	L	Ma								5 ± 12	
	<i>Testudinella parva</i> (Ternetz, 1892)	L	Mi									2 ± 6
	<i>Testudinella patina</i> (Hermann, 1783)	L	Mi							2 ± 6		
	<i>Testudinella reflexa</i> (Gosse, 1887)	L	Mi						1 ± 5			
	<i>Trichocerca cylindrica</i> (Imhof, 1891)	P	P									2 ± 8
	<i>Trichocerca similis</i> (Wierzejski, 1893)	P	Ma					42 ± 57	2 ± 6	6 ± 17	2 ± 5	1 ± 3
	<i>Trichotria pocillum</i> (Müller, 1776)	L	Ma								1 ± 2	
UKUPNO								96 ± 88	79 ± 82	105 ± 69	182 ± 89	486 ± 173
SVEUKUPNO								1390 ± 957	1390 ± 650	658 ± 319	640 ± 200	938 ± 465

Prilog K. Značajne korelacije brojnosti zooplanktona i okolišnih čimbenika te izvora hrane (Spearmanov koeficijent korelacije, r , $p < 0,05$).

Brojnost	Okolišni čimbenici							Izvori hrane	
	Pokrovnost makrofita (%)	Prozirnost (z_{SD} , m)	Udio prozirnog stupca vode (%)	Temperatura (°C)	Otopljeni kisik (mg L ⁻¹)	DOM (mg O _{2(Mn)} L ⁻¹)	Ukupno dušik (mg N L ⁻¹)	Fitoplankton (μg Chl <i>a</i> L ⁻¹)	POM (mg AFDM L ⁻¹)
Ukupna brojnost	0,419	0,286	−0,405		−0,330	0,414	0,260	0,484	0,303
Brojnost kolnjaka	0,655	0,401	−0,339			0,371		0,481	0,389
Brojnost veslonožaca			−0,410	0,287			0,298	0,390	
Brojnost rašljoticalaca	−0,448	−0,368							

Prilog L. Značajne korelacije veličinskih kategorija zooplanktona i drugih razmatranih čimbenika (Spearmanov koeficijent korelacije, r , $p < 0,05$).

Veličinske kategorije	Okolišni čimbenici						Izvori hrane	
	Pokrovnost makrofita (%)	Prozirnost (z_{SD} , m)	Udio prozirnog stupca vode (%)	DOM ($\text{mg O}_{2(\text{Mn})} \text{L}^{-1}$)	Ukupni fosfor (mg P L^{-1})	Nitrati ($\text{mg N-NO}_3^- \text{L}^{-1}$)	Fitoplankton ($\mu\text{g Chl } a \text{ L}^{-1}$)	POM (mg AFDM L^{-1})
I.	0,524	0,369	-0,339	0,379			0,455	0,435
II.	0,278	0,241	-0,308					
III. ukupno	-0,265	-0,422						
III. rašljoticalci	-0,348	-0,342						
III. veslonošci							0,426	
IV. ukupno				0,339	-0,251	-0,317		0,242
IV. rašljoticalci	0,560		0,332			-0,293		0,607
IV. veslonošci				0,308	-0,258	-0,287		
	Svojstva ihtiofaune				Raznolikost vrsta			
	Prosječna biomasa riba	Prosječna duljina riba	Brojnost riba I. vel. kat.	Brojnost riba III. vel. kat.	Raznolikost zooplanktona	Raznolikost kolnjaka	Raznolikost veslonožaca	Raznolikost rašljoticalaca
I.					0,311			
II.		0,370						
III. ukupno					-0,433	-0,345		-0,243
III. rašljoticalci			-0,527		-0,521			
IV. ukupno							0,272	
IV. rašljoticalci	-0,626	-0,663	0,397	-0,588				
IV. veslonošci							0,246	

Prilog M. Značajne korelacije biomase skupina i trofičkih skupina zooplanktona i drugih razmatranih čimbenika (Spearmanov koeficijent korelacije, r , $p < 0,05$).

Biomase	Okolišni čimbenik					TSI
	Pokrovnost makrofita (%)	Prozirnost (z_{SD} , m)	Udio prozirnog stupca vode (%)	Temperatura ($^{\circ}C$)	DOM ($mg\ O_{2(Mn)}\ L^{-1}$)	
Rašljoticalci Ma	0,749		0,341			
Rašljoticalci Mi	-0,625	-0,391				
Uk. biomasa rašljoticalaca				0,308		
Veslonošci P				0,371	0,325	-0,292
Veslonošci Ma				-0,310		0,443
Veslonošci Mi						0,277
Uk. biomasa veslonožaca				0,335		
Kolnjaci P		0,277		-0,316		
Kolnjaci Ma		0,329			0,259	
Kolnjaci Mi	0,683				0,432	
Uk. biomasa kolnjaka				-0,246		
Uk. biomasa P				0,356	0,316	-0,295
Uk. biomasa Ma						0,256
Uk. biomasa Mi						
Uk biomasa zooplanktona	0,479			0,387	0,345	

Prilog M. – nastavak Značajne korelacije biomase skupina i trofičkih skupina zooplanktona i drugih razmatranih čimbenika (Spearmanov koeficijent korelacije, r , $p < 0,05$).

Biomase	Izvori hrane		Svojstva ihtiofaune				
	Fitoplankton ($\mu\text{g Chl } a \text{ L}^{-1}$)	POM (mg AFDM L^{-1})	Brojnost riba	Prosječna biomasa riba	Prosječna duljina riba	Brojnost riba II. vel. kat.	Brojnost riba III. vel. kat.
Rašljoticalci Ma				−0,571	−0,601		−0,535
Uk. biomasa rašljoticalaca		0,410			−0,411		
Veslonošci Ma	0,426						
Veslonošci Mi							
Uk. biomasa veslonožaca		0,341					
Kolnjaci P					0,439		0,410
Kolnjaci Ma	0,485						
Kolnjaci Mi		0,514					
Uk. biomasa kolnjaka					0,400		
Uk. biomasa Ma							
Uk. biomasa Mi			−0,453			−0,388	
Uk biomasa zooplanktona		0,380					

10 ŽIVOTOPIS

Jelena Fressl rođena je 10. srpnja 1984. godine u Zagrebu. Osnovnu i srednju školu završila je u Zagrebu, a 2001. godine upisuje diplomski studij na Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, smjer diplomirani inženjer biologije – ekologije. Diplomski rad „Utjecaj emerzne vegetacije na sastav zooplanktona i epifitona u rukavcima rijeke Krapine“ pripremila je pod vodstvom prof. dr. sc. Marie Špoljar te obranila 2010. godine.

2011. – 2019. godine radi u društvu DVOKUT-ECRO d.o.o. prvo kao stručna suradnica, a kasnije i voditeljica projekata s područja zaštite okoliša i prirode. Tijekom rada u društvu sudjelovala je u provedbi 20 projekata strateških procjena utjecaja na okoliš, više od 30 projekata procjena utjecaja zahvata na okoliš i isto toliko elaborata zaštite okoliša, više od 25 glavnih ocjena prihvatljivosti za ekološku mrežu (samostalnih studija te poglavlja u studijama procjene utjecaja zahvata na okoliš i strateške procjene utjecaja na okoliš) te više od 15 drugih različitih projekata iz područja zaštite okoliša i prirode. Iskustvo je stekla radeći na projektima u Hrvatskoj, ali i na međunarodnim projektima u Albaniji, Bosni i Hercegovini, Crnoj Gori, Sloveniji te Srbiji.

Koautorica je tri znanstvena rada u časopisima, tri rada u zbornicima konferencija te 14 sažetaka u zbornicima konferencija.